This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

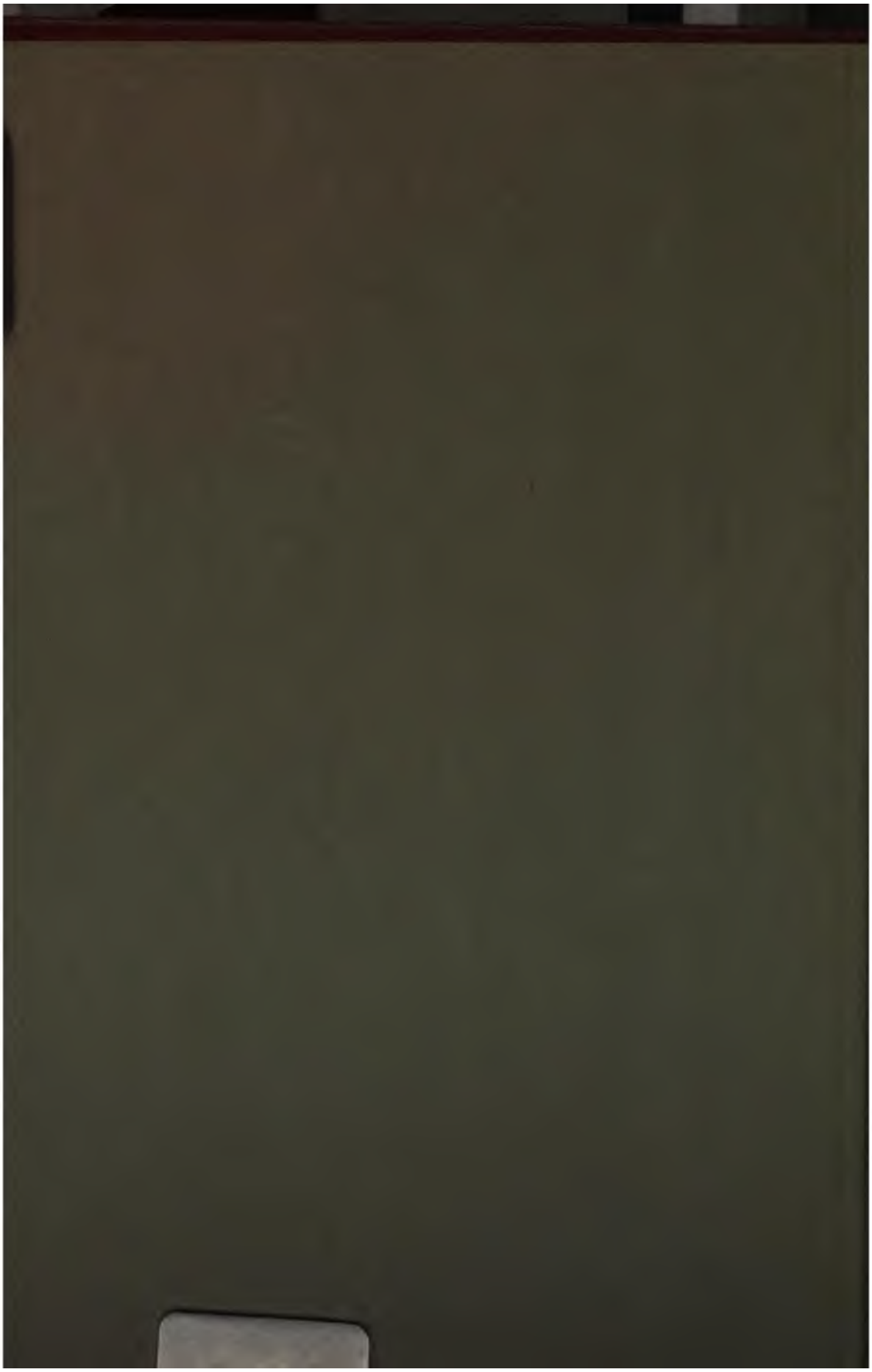
+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

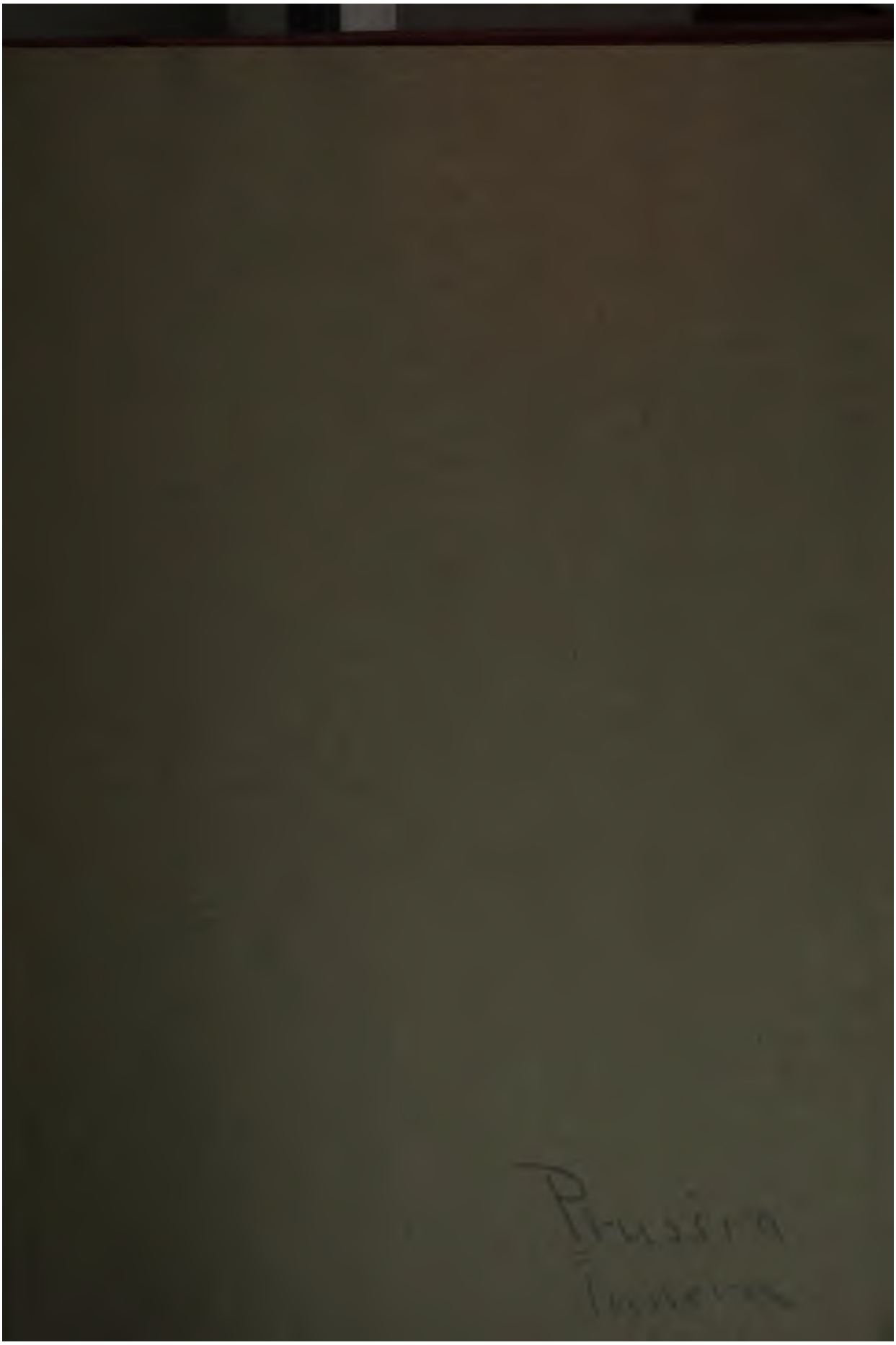
+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

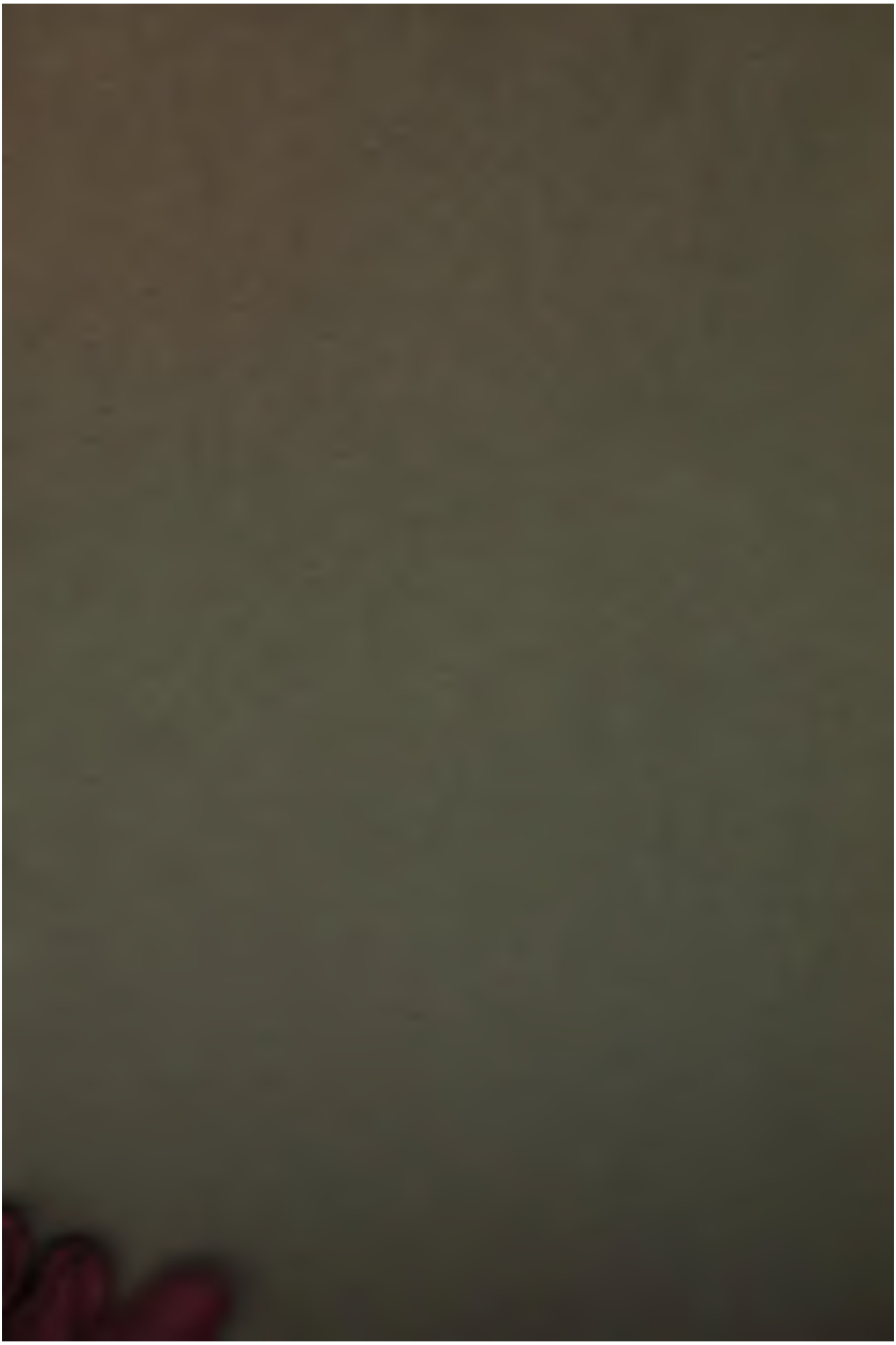
Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

Prussia
Interior







Mittheilungen

aus den

Königlichen technischen Versuchsanstalten

zu

Berlin.

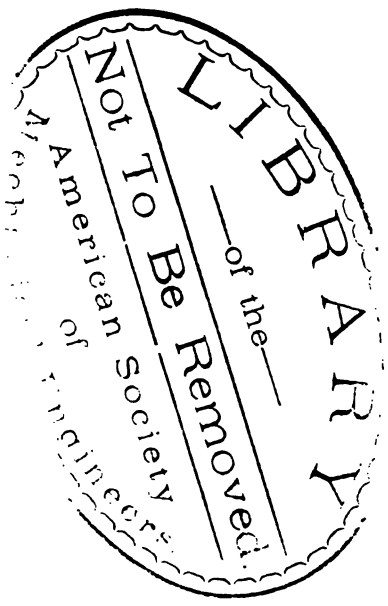
Herausgegeben

im Auftrage

der Königlichen Aufsichts-Kommission.

Elfter Jahrgang:

1893.



Berlin.
Verlag von Julius Springer
1893.

THE NEW YORK
PUBLIC LIBRARY
400946A
ASTOR, LENOX AND
TILDEN FOUNDATIONS
R 1928 L

NEW YORK
PUBLIC

Mittheilungen
aus den

Inhalts-Verzeichniß.

Seite

Bericht über die Thätigkeit der Königlichen technischen Versuchsanstalten im Etatsjahre 1892/93 241

Bekanntmachung der Königlichen Kommission zur Beaufsichtigung der technischen Versuchsanstalten . . . 273

Bekanntmachung. Wasserzeichenanmeldungen 87

Ueber die Ausführung von Festigkeitsversuchen. Aus einem Gutachten, erstattet von der Königlichen mechanisch-technischen Versuchsanstalt. Vom Vorsteher, Professor A. Martens 27

Untersuchungen über den Einfluß der Wärme auf die Festigkeitseigenschaften von Metallen. Vom stellvertretenden Vorsteher M. Rudeloff 292

Untersuchungen von Treibriemen auf Elastizität und Festigkeit. (Fortsetzung.) Vom stellvertretenden Vorsteher M. Rudeloff 4

Untersuchungen über den Einfluß des Materiales und der Konstruktion auf die Festigkeit von Hanfseilen. Vom stellvertretenden Vorsteher M. Rudeloff 89

Bericht über die im Auftrage des Herrn Ministers für Handel und Gewerbe ausgeführten vergleichenden Untersuchungen von Seilverbindungen für Fahrstuhlbetrieb. Vom stellvertretenden Vorsteher M. Rudeloff. Theil II. Ergebnisse der Untersuchungen bei stoßweiser Inanspruchnahme 177

Ueber die Ausstellung der Versuchsanstalt auf der Weltausstellung zu Chicago im Jahre 1893. Vom Vorsteher, Professor A. Martens 247

Das mikroskopische Gefüge von Flußeisen in gegossenen Blöcken. Vom Vorsteher, Professor A. Martens. (Vortrag, gehalten auf dem Ingenieur-Kongreß in Chicago 1893) 273

Ueber die Bestimmung des Cellulosegehaltes im Papier. Vom Vorsteher, Professor A. Martens . . . 170

Amtliche Gutachten aus der Abtheilung für Papierprüfung. Vom Abtheilungsvorsteher W. Herzberg . . 248

Normalpapiere. Vom Abtheilungsvorsteher W. Herzberg 1

Normalpapiere mit Wasserzeichen. Vom Abtheilungsvorsteher W. Herzberg 257

Bestimmung der Festigkeitseigenschaften im Papier. Vom Abtheilungsvorsteher W. Herzberg 68

Holzschliffpapier. Vom Abtheilungsvorsteher W. Herzberg 174

Flecke im Papier. Vom Abtheilungsvorsteher W. Herzberg 260

Wiesner. Studien über angebliche Baumbastpapiere. Herzberg 20

Streeb. Ueber Derivate des Lignins. Herzberg 23

Mangin. Untersuchungen über die Cellulosemembran. Herzberg 25

Ueber die Flammpunktsbestimmungen von Schmierölen. Auszug aus einem Gutachten der Königlichen mechanisch-technischen Versuchsanstalt. Vom Vorsteher, Professor A. Martens 37

Die Ausdehnungskoeffizienten der schweren Destillationsprodukte und Residuen des Rohpetroleums. Vom Abtheilungsvorsteher Dr. Holde 45

Ueber die Löslichkeit dunkler Mineralschmieröle in Petroleumbenzin. Vom Abtheilungsvorsteher Dr. Holde . 261

Cementuntersuchungen aus den Betriebsjahren 1891/92 und 1892/93. Vom Vorsteher, Professor Dr. Böhme 200

Ergebnisse der Untersuchungen der zum Bau der Wasserwerke in Remscheid und zur Anlage der Thalsperre an der Wupper in Lennep verwendeten Materialien. Vom Vorsteher, Professor Dr. Böhme . . .

Inhaltsverzeichniß der Jahrgänge 1891 und 1892 . . . . . .

THE NEW YORK
PUBLIC LIBRARY
400946A
ASTOR, LENOX AND
TILDEN FOUNDATIONS
R 1928 L

Inhalts-Verzeichniß.

Seite

Bericht über die Thätigkeit der Königlichen technischen Versuchsanstalten im Etatsjahre 1892/93 241

Bekanntmachung der Königlichen Kommission zur Beaufsichtigung der technischen Versuchsanstalten . . . 273

Bekanntmachung. Wasserzeichenanmeldungen 87

Ueber die Ausführung von Festigkeitsversuchen. Aus einem Gutachten, erstattet von der Königlichen mechanisch-technischen Versuchsanstalt. Vom Vorsteher, Professor A. Martens 27

Untersuchungen über den Einfluß der Wärme auf die Festigkeitseigenschaften von Metallen. Vom stellvertretenden Vorsteher M. Rudeloff 292

Untersuchungen von Treibriemen auf Elastizität und Festigkeit. (Fortsetzung.) Vom stellvertretenden Vorsteher M. Rudeloff 4

Untersuchungen über den Einfluß des Materiales und der Konstruktion auf die Festigkeit von Hanfseilen. Vom stellvertretenden Vorsteher M. Rudeloff 89

Bericht über die im Auftrage des Herrn Ministers für Handel und Gewerbe ausgeführten vergleichenden Untersuchungen von Seilverbindungen für Fahrstuhlbetrieb. Vom stellvertretenden Vorsteher M. Rudeloff. Theil II. Ergebnisse der Untersuchungen bei stoßweiser Inanspruchnahme 177

Ueber die Ausstellung der Versuchsanstalt auf der Weltausstellung zu Chicago im Jahre 1893. Vom Vorsteher, Professor A. Martens 247

Das mikroskopische Gefüge von Flußeisen in gegossenen Blöcken. Vom Vorsteher, Professor A. Martens. (Vortrag, gehalten auf dem Ingenieur-Kongreß in Chicago 1893) 273

Ueber die Bestimmung des Cellulosegehaltes im Papier. Vom Vorsteher, Professor A. Martens . . . 170

Amtliche Gutachten aus der Abtheilung für Papierprüfung. Vom Abtheilungsvorsteher W. Herzberg . . 248

Normalpapiere. Vom Abtheilungsvorsteher W. Herzberg 1

Normalpapiere mit Wasserzeichen. Vom Abtheilungsvorsteher W. Herzberg 257

Bestimmung der Festigkeitseigenschaften im Papier. Vom Abtheilungsvorsteher W. Herzberg 68

Holzschliffpapier. Vom Abtheilungsvorsteher W. Herzberg 174

Flecke im Papier. Vom Abtheilungsvorsteher W. Herzberg 260

Wiesner. Studien über angebliche Baumbastpapiere. Herzberg 20

Streeb. Ueber Derivate des Lignins. Herzberg 23

Mangin. Untersuchungen über die Cellulosemembran. Herzberg 25

Ueber die Flammpunktsbestimmungen von Schmierölen. Auszug aus einem Gutachten der Königlichen mechanisch-technischen Versuchsanstalt. Vom Vorsteher, Professor A. Martens 37

Die Ausdehnungskoeffizienten der schweren Destillationsprodukte und Residuen des Rohpetroleums. Vom Abtheilungsvorsteher Dr. Holde 45

Ueber die Löslichkeit dunkler Mineralschmieröle in Petroleumbenzin. Vom Abtheilungsvorsteher Dr. Holde . 261

Cementuntersuchungen aus den Betriebsjahren 1891/92 und 1892/93. Vom Vorsteher, Professor Dr. Böhme 200

Ergebnisse der Untersuchungen der zum Bau der Wasserwerke in Remscheid und zur Anlage der Thalsperre an der Wupper in Lennep verwendeten Materialien. Vom Vorsteher, Professor Dr. Böhme . . . 228

Inhaltsverzeichniß der Jahrgänge 1891 und 1892 88

Mittheilungen
aus den
Königlichen technischen Versuchsanstalten
zu Berlin.
Herausgegeben im Auftrage
der Königlichen Aufsichts-Kommission.

XI. Jahrgang. **1893.** Erstes Heft.

1. Normalpapiere.

Vom Abtheilungsvorsteher W. Herzberg.

In Heft 3 der „Mittheilungen" 1892 Seite 108 wurde eine statistische Uebersicht über die in den Jahren 1889—1891 seitens der Behörden verlangten und die ihnen gelieferten Papierqualitäten gegeben.

Der Versuchsanstalt werden bekanntlich infolge eines Erlasses des Königlichen Staatsministeriums vom 2. Juni 1888 bei allen Prüfungsanträgen seitens der Behörden gleichzeitig die Lieferungsbedingungen mitgetheilt, welche für das zur Untersuchung eingeschickte Papier maßgebend gewesen sind; der Erlaß hat den Zweck, eine Statistik über die geforderten und wirklich vorhandenen Eigenschaften der bezogenen Papiere zu schaffen und die Erfahrungen der Versuchsanstalt zu erweitern. Unter Hinweis auf die oben erwähnte Arbeit soll im Nachfolgenden das Ergebniß der Zusammenstellung für das Jahr 1892 mitgetheilt werden.

Ein ganz geringer Bruchtheil der im Auftrage von Behörden untersuchten Papiere konnte hierbei nicht berücksichtigt werden, da für diese eine bestimmte Stoff- und Festigkeitsklasse nicht vorgeschrieben war; indessen dürfte das Gesammtbild durch das Fehlen dieser geringen Anzahl kaum nennenswerth verändert werden.

Zusammenstellung

über die geforderten und vorhandenen Eigenschaften der im Jahre **1892** im Auftrage von Behörden untersuchten Papiere.

I. Papiere, welche besser geliefert wurden als verlangt.

A.	Bezüglich der Stoff- und Festigkeitsklasse	3 Papiere	= 0,8 %	Zusammen 69 Papiere = 19,2 %
B.	" " Stoffklasse	16 "	= 4,5 "	
C.	" " Festigkeitsklasse . . .	50 "	= 13,9 "	

II. Papiere, welche geliefert wurden wie verlangt 188 " = 52,4 "

Zusammen 257 Papiere = 71,6 %

III. Papiere, welche schlechter geliefert wurden als verlangt.

A.	Bezüglich der Stoffklasse	20 Papiere	= 5,6 %	Zusammen 102 Papiere = 28,4 %.
B.	" " Festigkeitsklasse . . .	71 "	= 19,8 "	
C.	" " Stoff- und Festigkeitsklasse	11 "	= 3,0 "	

Im ganzen sind also im Jahre 1892 im Auftrage von Behörden 359 Papiere untersucht worden, deren Lieferungsbedingungen bekannt waren; in vorstehender Zusammenstellung sind sie gruppenweise geordnet.

Gruppe I enthält 69 Papiere = 19,2 %, welche besser geliefert wurden als verlangt; hiervon entfallen auf Untergruppe I A 3 Papiere = 0,8 %, welche sowohl bezüglich der Stoffklasse als auch der Festigkeitsklasse besser geliefert wurden, auf Untergruppe I B 16 Papiere = 4,5 %, welche nur bezüglich der Stoffklasse besser geliefert wurden und auf Untergruppe I C 50 Papiere = 13,9 %, welche nur bezüglich der Festigkeitsklasse besser geliefert wurden.

Gruppe II enthält 188 Papiere = 52,4 %, welche vorschriftsmäßig geliefert wurden.

Den vorgeschriebenen Lieferungsbedingungen entsprachen also im Jahre 1892: 257 Papiere = 71,6 %.

Gruppe III enthält 102 Papiere = 28,4 %, welche den Bedingungen nicht genügten. Hiervon entfallen auf Untergruppe III A 20 Papiere = 5,6 %, welche nur bezüglich der Stoffklasse nicht genügten, auf Untergruppe III B 71 Papiere = 19,8 %, welche nur bezüglich der Festigkeitsklasse den Bedingungen nicht genügten, und auf Untergruppe III C 11 Papiere = 3 %, welche weder bezüglich der Stoffklasse noch bezüglich der Festigkeitsklasse genügten.

Stellt man die Ergebnisse der Jahre 1889—1892 gegenüber, so ergiebt sich folgende Uebersicht:

Gegenüberstellung

der geforderten und vorhandenen Eigenschaften der in den Jahren 1889—1892 im Auftrage von Behörden untersuchten Papiere.

Laufende Nr.	Jahr	Anzahl der geprüften Papiere	Besser geliefert als verlangt			Geliefert wie verlangt	Schlechter geliefert als verlangt			Den Bedingungen genügten
			bezüglich der Stoff- und Festigkeitsklasse	bezüglich der Stoffklasse	bezüglich der Festigkeitsklasse		bezüglich der Stoffklasse	bezüglich der Festigkeitsklasse	bezüglich der Stoff- und Festigkeitsklasse	
			%	%	%	%	%	%	%	%
1	1889	266	1,9	3,8	4,1	41,7	15,4	24,8	8,3	51,5
2	1890	453	1,7	6,0	9,5	39,7	17,0	19,0	7,1	56,9
3	1891	440	3,9	4,5	10,0	44,8	13,9	15,4	7,5	63,2
4	1892	359	0,8	4,5	13,9	71,6	5,6	19,8	3,0	71,6

Aus dieser Gegenüberstellung geht hervor, daß sich auch im Jahre 1892 das Verhältniß der vorschriftsmäßig gelieferten Papiere zu den nicht ausreichenden gegen das Vorjahr etwas gebessert hat; im ganzen aber muß auch jetzt noch das Verhältniß als ein ungünstiges bezeichnet werden.

Die Verstöße, welche gegen die Lieferungsbedingungen gemacht wurden, sind theilweise wie früher außerordentlich grober Natur; indessen ist auch hierin gegen das Vorjahr eine Besserung zu bemerken.

Nachfolgend ist eine Reihe der gröbsten Verstöße gegen die Lieferungsbedingungen im Jahre 1892 zusammengestellt.

Zusammenstellung einiger besonders schwerwiegender Verstöße gegen die Lieferungsbedingungen.

Laufende Nr.	Art des Papiers bezw. Verwendungszweck	Eigenschaften verlangte Stoffklasse	Eigenschaften verlangte Festigkeitsklasse	Eigenschaften vorhandene Stoffklasse	Eigenschaften vorhandene Festigkeitsklasse	Abweichung bezüglich des Stoffgehaltes	Aschengehalt zu groß um %	Reißlänge zu klein um m	Dehnung zu klein um %	Widerstand gegen Zerknittern
1	Konzeptpapier . . .	III	4	III	5	—	—	—	0,9	3 statt 5
2	Registerauszüge . . .	III	3	IV	4	—	1,3	260	0,2	4 " 5
3	Briefpapier	II	3	III	5	Zu viel Holzcellulose	1,6	—	0,6	—
4	Packpapier	II	3	IV	4	Enthält Holzschliff	6,4	670	0,4	4 statt 5
5	Schreibpapier . . .	II	4	IV	5	Enthält Holzschliff	5,3	310	—	3 " 4
6	Druckpapier	I	3	IV	5	Enthält Holz- und Strohcellulose	12,0	1220	0,5	3 " 5

Während in den Jahren 1890 und 1891 bei Lieferungen an Private die Lieferungsbedingungen, soweit diese der Versuchsanstalt bekannt gegeben wurden, wesentlich besser erfüllt wurden als bei Lieferungen an Behörden, ist im Jahre 1892 hierin kaum ein Unterschied zu bemerken, wie aus nachfolgender Zusammenstellung näher hervorgeht.

Zusammenstellung

über die geforderten und vorhandenen Eigenschaften der im Jahre 1892 im Auftrage von Privaten untersuchten Papiere.

I. Papiere, welche besser geliefert wurden als verlangt.

A.	Bezüglich der Stoff- und Festigkeitsklasse	2 Papiere	= 0,8 %	Zusammen 44 Papiere = 18,6 %
B.	" " Stoffklasse	8 "	= 3,4 "	
C.	" " Festigkeitsklasse . . .	34 "	= 14,4 "	

II. Papiere, welche geliefert wurden wie verlangt 131 " = 55,5 "

III. Papiere, welche schlechter geliefert wurden als verlangt.

A.	Bezüglich der Stoffklasse	12 Papiere	= 5,1 %	Zusammen 61 Papiere = 25,9 %.
B.	" " Festigkeitsklasse . . .	42 "	= 17,8 "	
C.	" " Stoff- und Festigkeitsklasse	7 "	= 3,0 "	

Im ganzen sind also im Jahre 1892 im Auftrage von Privaten 236 Papiere untersucht worden, deren Lieferungsbedingungen bekannt waren; in vorstehender Zusammenstellung sind sie gruppenweise geordnet.

Gruppe I enthält 44 Papiere = 18,6 %, welche besser geliefert wurden als verlangt; hiervon entfallen auf Untergruppe I A 2 Papiere = 0,8 %, welche sowohl bezüglich der Stoffklasse als auch der Festigkeitsklasse besser geliefert wurden, auf Untergruppe I B 8 Papiere = 3,4 %, welche nur bezüglich der Stoffklasse, und auf Untergruppe I C 34 Papiere = 14,4 %, welche nur bezüglich der Festigkeitsklasse besser geliefert wurden.

Gruppe II enthält 131 Papiere = 55,5 %, welche vorschriftsmäßig geliefert wurden.

Den vorgeschriebenen Bedingungen entsprachen also im Jahre 1892: 175 Papiere = 74,1 %.

Gruppe III enthält 61 Papiere = 25,9 %, welche den Bedingungen nicht genügten; hiervon entfallen auf Untergruppe III A 12 Papiere = 5,1 %, welche nur bezüglich der

Stoffklasse, auf Untergruppe III B 42 Papiere = 17,8 %, welche nur bezüglich der Festigkeitsklasse den Bedingungen nicht genügten und auf Untergruppe III C 7 Papiere = 3,0 %, welche weder bezüglich der Stoffklasse noch der Festigkeitsklasse genügten.

Stellt man die bei Privatlieferungen in den Jahren 1890—1892 gemachten Erfahrungen nebeneinander, so ergiebt sich folgende Uebersicht:

Gegenüberstellung

der geforderten und vorhandenen Eigenschaften der in den Jahren 1890—1892 im Auftrage von Privaten untersuchten Papiere.

Laufende Nr.	Jahr	Anzahl der geprüften Papiere	Besser geliefert als verlangt			Geliefert wie verlangt	Schlechter geliefert als verlangt			Den Bedingungen genügten
			bezüglich der Stoff- und Festigkeitsklasse	bezüglich der Stoffklasse	bezüglich der Festigkeitsklasse		bezüglich der Stoffklasse	bezüglich der Festigkeitsklasse	bezüglich der Stoff- und Festigkeitsklasse	
			%	%	%	%	%	%	%	%
1	1890	66	0	1,5	19,7	53,0	7,6	16,7	1,5	74,2
2	1891	96	1,04	1,04	22,92	56,3	2,1	15,6	1,0	81,3
3	1892	236	0,8	3,4	14,4	55,5	5,1	17,8	3,0	74,1

Bei Privatlieferungen haben sich also die Verhältnisse gegen das Vorjahr verschlechtert. Die Verstöße gegen die Lieferungsbedingungen sind aber auch hier wieder wie in den vergangenen Jahren erheblich milderer Natur als bei den Lieferungen für Behörden; meist handelt es sich nur um geringe Abweichungen gegen die verlangten Festigkeitswerthe; die Verstöße gegen die Stoffklasse beschränken sich fast nur auf einen zu hohen Gehalt an Cellulose bei Papieren der Stoffklasse II.

---

2. Untersuchungen von Treibriemen auf Elasticität und Festigkeit.

Vom stellvertretenden Vorsteher M. Rudeloff.

Fortsetzung (siehe Jahrgang 1892, S. 305).

3. Hanfriemen.

a. Gewebte Riemen.

An gewebten Hanfriemen liegen unter Nr. 419 eine doppelte und eine vierfache Probe und unter Nr. 3201 je zwei doppelte, vierfache und sechsfache Proben von verschiedener Breite vor. Die Kettenfäden sind bei allen acht Sorten aus drei rechtsgesponnenen Garnen linksgesponnen. Da unbelastete Riemenabschnitte von hinreichender Länge nicht mehr vorhanden sind, die Prüfung einzelner Garne aus den vorher zerrissenen Riemen aber keine zuverlässigen Ergebnisse erwarten läßt, so mußte davon Abstand genommen werden, etwaige Unterschiede in den Festigkeiten der Kettenfäden besonders zu ermitteln. Man wird daher nur die Riemen der gleichen Nummer, weil sie gleichzeitig von demselben Antragsteller eingeliefert sind, als aus gleichartigem Material gefertigt ansehen und daher auch nur die Ergebnisse dieser Riemen unmittelbar unter einander vergleichen können, sofern es sich darum handelt, aus diesem Vergleich den Einfluß der Gewebeart auf die Festigkeitseigenschaften der Riemen abzuleiten.

Der Vergleich der beiden Proben 419 (s. Tab. 4) ergiebt nun, daß der doppelte Riemen mit 600 Kettenfäden durchschnittlich bei 4220 kg zum Bruch ging, während der

vierfache Riemen mit 718 Kettenfäden durchschnittlich 4360 kg Bruchlast erreichte. Hiernach berechnet sich die auf den einzelnen Kettenfaden entfallende Belastung [1]) bei dem doppelten Riemen zu 7,03 kg und bei dem vierfachen zu 6,07 kg, oder für den letzteren zu 86 % von derjenigen des ersteren. Stellt man die Reißlängen beider Riemen in Vergleich, welche für den doppelten zu 6261 m und für den vierfachen Riemen zu 5063 m ermittelt wurden, so erhält man für die Ausnutzung des Materiales in den beiden Riemen das Verhältniß gleich 100 : 81. Es ist dem aus der durchschnittlichen Fadenfestigkeit ermittelten Verhältniß annähernd gleich und man erkennt aus ihm, daß auch bei Hanf, ebenso wie es früher für Baumwolle gezeigt war, im vierfachen Riemen, wie er zum Antrage 419 vorlag, eine geringere Materialausnutzung statthatte, als im doppelten Riemen gleicher Fertigung.

Bei den Baumwollriemen 419 gleicher Gewebeart wie die in Rede stehenden Hanfriemen, war das Verhältniß der Fadenfestigkeiten im doppelten und vierfachen Gewebe gleich 100 : 74 ermittelt (s. „Mittheilungen" 1892, Seite 302). Da nun beide Riemensorten von demselben Antragsteller geliefert waren, so wird man annehmen können, daß der Unterschied zwischen den beiden Verhältnißzahlen 86 und 74 nicht in dem Herstellungsverfahren und der beim Weben verwendeten Sorgfalt, sondern in dem Material begründet ist. Hieraus würde dann weiter der Schluß zu ziehen sein, daß der Einfluß der Gewebeart und der hiermit verbundenen ungleichen Anspannung der einzelnen Fäden bei den Hanfriemen weniger hervortritt als bei den Baumwollriemen.

Vollauf bestätigt wird diese Schlußfolgerung durch den Vergleich der doppelten und vierfachen Riemen 3201 gleicher Breite. Bei etwa 140 mm Riemenbreite ergaben 378 Fäden im doppelten Gewebe (a) 3250 kg und 578 Fäden im vierfachen Gewebe (c) 5030 kg Bruchlast, d. h. die einzelnen Fäden 8,6 und 8,8 kg; ferner ergaben bei 280 mm Breite 730 Fäden im doppelten Riemen b 5550 kg und 1100 Fäden im vierfachen Riemen 8390 kg, oder die einzelnen Fäden in beiden Riemen 7,6 kg. Die Uebereinstimmung der Fadenfestigkeiten bei gleichen Riemenbreiten ist hierin deutlich ausgesprochen. Demnach ist also bei den Riemen 3201 irgend ein Unterschied in der Ausnutzung des Materials beim doppelten und vierfachen Gewebe nicht vorhanden.

Dagegen tritt in dem Unterschiede der mittleren Fadenfestigkeiten von 8,7 kg für die beiden 140 mm breiten Riemen und von 7,6 kg für die beiden 280 mm breiten Riemen deutlich zu Tage, daß die Ausnutzung des Materials bei den breiteren Riemen in geringerem Maße stattgehabt hat als bei den schmäleren. Da ferner der Unterschied für den doppelten und vierfachen Riemen der gleiche ist, er beträgt in beiden Fällen 12,5 %, so scheint der Einfluß der Breite ein gesetzmäßiger zu sein.

Die Reißlängen dieser vier Riemen betragen nach Tab. 4 für die gleich breiten Riemenpaare a und c 7380 bez. 7400 m und für b und d 6460 bez. 6310 m. Sie stimmen in demselben Riemenpaar fast vollkommen überein, während sie ebenso wie die mittleren Fadenfestigkeiten für die breiteren Riemen die geringeren Werthe zeigen. Die aus den Fadenfestigkeiten der Riemen abgeleiteten Schlußfolgerungen haben also auch für deren Reißlängen Gültigkeit. Da nun aber, wie oben gezeigt ist, bei den Riemen 419 der nachtheilige Einfluß des dickeren Gewebes auf die Materialausnutzung noch bestand, so wird man aus den besprochenen Ergebnissen allgemein nur den Schluß ziehen können, daß es 1) bei Hanfriemen möglich ist, im vierfachen Riemen eine gleiche Materialausnutzung zu

[1]) Im Nachstehenden ist diese Belastung kurz als: „mittlere Fadenfestigkeit" bezeichnet.

können. Ein weiteres Maß würde aus den prozentuellen Dehnungen beider Fadenarten für gleiche Belastungen gewonnen werden können, denn es ist mehr als wahrscheinlich, daß auch schon die geringste Anfangsspannung, mit welcher die Fäden verwebt werden, ihnen eine bleibende Längenänderung giebt, so daß die aus dem Riemen wieder ausgelösten Fäden dann beim Zugversuch eine um so geringere prozentuelle Dehnung zeigen müssen, je größer ihre Anfangsspannung war. Wie ohne weiteres einzusehen ist, müßten diese Fäden aus unbelasteten Riemenstücken entnommen werden. Da mir solche indessen nicht mehr zur Verfügung standen, so mußte ich von den Fadenprüfungen Abstand nehmen und mich auf die Ermittelung der Längen- und Gewichtsverhältnisse beschränken.

Zu diesem Zweck wurden aus den vierfachen Riemen 419 a und 3201 c und d und zwar aus kurzen Abschnitten, welche vor den Zerreißversuchen seinerzeit für Sammlungszwecke abgetrennt waren, je zweimal vier Bindefäden und die zwischen diesen gelegenen anderen Kettenfäden entnommen. Die Riemen waren hierzu der Länge nach durchschnitten, so daß die Kettenfäden, ohne einen Zug auf sie auszuüben, zwischen den Schußfäden herausgehoben werden konnten.

Die entnommenen Fäden derselben Gruppe wurden dann zusammen ausgewogen und aus den erhaltenen Gewichten und den Fadenzahlen die Gewichte des einzelnen Fadens der betreffenden Gruppen berechnet. Von der Ermittelung des Trockengewichtes glaubte ich Abstand nehmen zu können, weil sämmtliche Riemenproben neben einander aufbewahrt waren, also im gleichen Feuchtigkeitszustand sich befunden haben dürften, und weil die Wägungen unmittelbar hintereinander ausgeführt wurden. Die Luftfeuchtigkeit betrug hierbei 60 %.

Nach dem Auswiegen wurden von jeder Fadengruppe fünf Proben beliebig entnommen und ihre Längen ermittelt. Die Fäden wurden hierbei von Hand soweit angespannt, daß die von der Lage im Gewebe herstammenden Verkrümmungen gerade verschwanden. Das Mittel aus diesen je fünf Messungen galt als mittlere Fadenlänge für die betreffende Gruppe.

Aus den Fadengewichten und den mittleren Fadenlängen desselben Riemens wurden dann sowohl Verhältnißzahlen für die Bindefäden bezogen auf die zugehörigen Werthe der übrigen Kettenfäden, diese gleich 100 gesetzt, berechnet, als auch die Gewichte für ein Meter Fadenlänge ermittelt.

Sämmtliche Werthe sind in Tab. 15 (Seite 9) übersichtlich zusammengestellt, welche außerdem die Angaben für die zur Probenentnahme benutzte Riemenlänge enthält.

Beide Verhältnißzahlen, sowohl diejenige für die Länge als auch diejenige für das Gewicht, sind bei den Riemen 3201 c und d kleiner befunden als bei dem Riemen 419 a. Da bei ihrer Berechnung die absoluten Werthe für die kürzeren Kettenfäden gleich 100 gesetzt wurden, so folgt hieraus, daß die ursprüngliche Anspannung der Bindefäden bei den beiden Riemen 3201 thatsächlich größer gewesen ist als bei dem Riemen 419, wie es nach dem Vergleich der Reißlängen und mittleren Fadenfestigkeiten dieser Riemen mit den gleichen Werthen der zugehörigen doppelten Riemen erwartet wurde.

Von den beiden Verhältnißzahlen bietet zweifellos diejenige für das Gewicht die größere Wahrscheinlichkeit. Denn wie gesagt, mußten die Fäden zur Ermittelung ihrer Länge von Hand angespannt werden, so daß es nicht ausgeschlossen ist, daß hierdurch Fehler in die Bestimmung hineingetragen wurden, deren wechselnde Größe recht wohl zu Ungunsten der einen oder der anderen Fadensorte ausfallen konnte. Die Metergewichte der Fäden scheinen dies denn auch thatsächlich darzuthun.

Kettenfäden. Dagegen ist die Bruchlast, weil gleiche Garne verwendet sind, bei beiden Sorten der Kettenfäden die gleiche.

Da nun in einem aus mehreren gleichartigen Gliedern gleichen Materials zusammengesetzten Zugbande die Belastungen der einzelnen Glieder sich verhalten wie deren Dehnungen, so erhält man im vorliegenden Falle die Belastung der Bindefäden im Augenblick des Bruches der übrigen Kettenfäden durch Projektion des Punktes a auf den Linienzug o b in der Ordinate $b_1 a$. Die Strecke $a b_1$ giebt ferner ein Maß für den Unterschied in der Belastung der Bindefäden und der übrigen Kettenfäden beim Bruch der letzteren oder des ganzen Riemens.

Soll dieser Unterschied gleich Null werden, die Festigkeit der Bindefäden also ebenfalls in der Bruchlast des Riemens vollständig zur Ausnutzung gelangen, so hat man, wie oben bereits erörtert wurde, den Anfangszustand der Bindefäden im Riemen derart zu verändern, daß auch ihre Dehnbarkeit trotz der größeren Fadenlänge mit derjenigen der übrigen Kettenfäden gleichzeitig erschöpft ist. Dieses Ziel kann, wenn gleiches Gespinnst für alle Kettenfäden Verwendung finden soll, nur durch eine größere Anspannung der Bindefäden beim Weben des Riemens erreicht werden.[1])

Ein ungefähres Maß für die Größe dieser Anfangsspannung erhält man auf graphischem Wege, wenn man den Linienzug o b um soviel nach links verlegt, daß sein Endpunkt b mit dem Punkt a zusammenfällt. Der neue Linienzug $a o_1$, welcher in Fig. 31 punktirt dargestellt ist, schneidet dann die Nullordinate in dem Punkte a_1 und die Ordinatenlänge $o a_1$ giebt das Maß für die gesuchte Anfangsspannung, während die Abscissenlänge $o_1 o$ die zugehörige Anfangsdehnung darstellt.

Daß diese Werthe nur angenäherte sind, wie ich bereits erwähnte, hat darin seinen Grund, daß auch der Längenunterschied zwischen den Bindefäden und den übrigen Kettenfäden im Riemen mit zunehmender Anspannung der ersteren beim Weben sich ändert. Da er abnimmt, so tritt hierdurch schon an und für sich eine Verminderung des Dehnungsüberschusses der längeren Bindefäden ein. Man wird also die Anfangsspannung der letzteren um ein gewisses, empirisch zu ermittelndes Maß kleiner zu wählen haben, als der graphisch ermittelten Ordinatenlänge $o a_1$ entspricht, damit nicht durch übermäßige Anspannung der Bindefäden diese vor den übrigen Kettenfäden zum Bruch kommen.

Nachdem nun im Vorstehenden dargethan ist, daß durch stärkere Anspannung der Bindefäden beim Weben des Riemens eine bessere Ausnutzung des gesammten Materials in demselben erzielt werden kann, bleibt noch der Beweis dafür zu erbringen, daß bei den vierfachen Riemen 3201 thatsächlich eine größere Anspannung der Bindefäden stattgehabt hat als bei dem vierfachen Riemen 419, so daß hiermit die bessere Materialausnutzung bei den ersteren begründet werden kann.

Wie schon oben gesagt ist, nimmt mit der stärkeren Anspannung der Bindefäden zugleich der Längenunterschied zwischen diesen und den übrigen Kettenfäden ab. Man wird daher umgekehrt das Längenverhältniß beider Fäden bezogen auf gleiche Riemenlänge und, wenn alle Fäden aus demselben Material und demselben Gespinnst entnommen sind, wie es im vorliegenden Fall wohl angenommen werden kann, auch deren Gewichtsverhältniß als Maß für den Grad der in Rede stehenden Anspannung in verschiedenen Riemen benutzen

[1]) Zum gleichen Ziel kann man gelangen, wenn der Draht (die Windungszahl für die Längeneinheit) der Bindefäden zweckentsprechend geändert wird, so daß deren prozentuelle Dehnung geringer wird. Da hiermit aber auch eine Aenderung der Festigkeitseigenschaften verbunden ist, so wird dieses Verfahren sich nicht empfehlen.

können. Ein weiteres Maß würde aus den prozentuellen Dehnungen beider Fadenarten für gleiche Belastungen gewonnen werden können, denn es ist mehr als wahrscheinlich, daß auch schon die geringste Anfangsspannung, mit welcher die Fäden verwebt werden, ihnen eine bleibende Längenänderung giebt, so daß die aus dem Riemen wieder ausgelösten Fäden dann beim Zugversuch eine um so geringere prozentuelle Dehnung zeigen müssen, je größer ihre Anfangsspannung war. Wie ohne weiteres einzusehen ist, müßten diese Fäden aus unbelasteten Riemenstücken entnommen werden. Da mir solche indessen nicht mehr zur Verfügung standen, so mußte ich von den Fadenprüfungen Abstand nehmen und mich auf die Ermittelung der Längen- und Gewichtsverhältnisse beschränken.

Zu diesem Zweck wurden aus den vierfachen Riemen 419 a und 3201 c und d und zwar aus kurzen Abschnitten, welche vor den Zerreißversuchen seinerzeit für Sammlungszwecke abgetrennt waren, je zweimal vier Bindefäden und die zwischen diesen gelegenen anderen Kettenfäden entnommen. Die Riemen waren hierzu der Länge nach durchschnitten, so daß die Kettenfäden, ohne einen Zug auf sie auszuüben, zwischen den Schußfäden herausgehoben werden konnten.

Die entnommenen Fäden derselben Gruppe wurden dann zusammen ausgewogen und aus den erhaltenen Gewichten und den Fadenzahlen die Gewichte des einzelnen Fadens der betreffenden Gruppen berechnet. Von der Ermittelung des Trockengewichtes glaubte ich Abstand nehmen zu können, weil sämmtliche Riemenproben neben einander aufbewahrt waren, also im gleichen Feuchtigkeitszustand sich befunden haben dürften, und weil die Wägungen unmittelbar hintereinander ausgeführt wurden. Die Luftfeuchtigkeit betrug hierbei 60 %.

Nach dem Auswiegen wurden von jeder Fadengruppe fünf Proben beliebig entnommen und ihre Längen ermittelt. Die Fäden wurden hierbei von Hand soweit angespannt, daß die von der Lage im Gewebe herstammenden Verkrümmungen gerade verschwanden. Das Mittel aus diesen je fünf Messungen galt als mittlere Fadenlänge für die betreffende Gruppe.

Aus den Fadengewichten und den mittleren Fadenlängen desselben Riemens wurden dann sowohl Verhältnißzahlen für die Bindefäden bezogen auf die zugehörigen Werthe der übrigen Kettenfäden, diese gleich 100 gesetzt, berechnet, als auch die Gewichte für ein Meter Fadenlänge ermittelt.

Sämmtliche Werthe sind in Tab. 15 (Seite 9) übersichtlich zusammengestellt, welche außerdem die Angaben für die zur Probenentnahme benutzte Riemenlänge enthält.

Beide Verhältnißzahlen, sowohl diejenige für die Länge als auch diejenige für das Gewicht, sind bei den Riemen 3201 c und d kleiner befunden als bei dem Riemen 419 a. Da bei ihrer Berechnung die absoluten Werthe für die kürzeren Kettenfäden gleich 100 gesetzt wurden, so folgt hieraus, daß die ursprüngliche Anspannung der Bindefäden bei den beiden Riemen 3201 thatsächlich größer gewesen ist als bei dem Riemen 419, wie es nach dem Vergleich der Reißlängen und mittleren Fadenfestigkeiten dieser Riemen mit den gleichen Werthen der zugehörigen doppelten Riemen erwartet wurde.

Von den beiden Verhältnißzahlen bietet zweifellos diejenige für das Gewicht die größere Wahrscheinlichkeit. Denn wie gesagt, mußten die Fäden zur Ermittelung ihrer Länge von Hand angespannt werden, so daß es nicht ausgeschlossen ist, daß hierdurch Fehler in die Bestimmung hineingetragen wurden, deren wechselnde Größe recht wohl zu Ungunsten der einen oder der anderen Fadensorte ausfallen konnte. Die Metergewichte der Fäden scheinen dies denn auch thatsächlich darzuthun.

Tabelle 15.

Ermittelung der Verhältnißzahlen für die Längen und Gewichte der zur Bindung dienenden und der übrigen Kettenfäden, bezogen auf gleiche Riemenlängen.

Nr. des Riemens	Längen in mm für		Gewichtserhebungen								Verhältnißzahlen für			
	den Riemen	die Fäden	Kette			Bindung			Fadengewicht für 1 m		Länge		Gewicht	
			Anzahl der Fäden	Gewicht		Anzahl der Fäden	Gewicht							
		Kette / Bindung		Gesammt g	des einzelnen Fadens g		Gesammt g	des einzelnen Fadens g	Kette g	Bindung g	Kette	Bindung	Kette	Bindung
419 a	119	129,0 / 210,0 128,5 / 209,0 128,5 / 210,5 129,0 / 210,0 128,5 / 210,0	16	1,204	0,0750	8	1,000	0,1250	0,581	0,595	100	163	100	167
	Mittel	128,7 / 209,9												
3201 c	77	82,2 / 137,2 82,5 / 133,8 83,5 / 133,8 84,0 / 133,8 83,5 / 130,4	16	0,878	0,0556	8	0,673	0,0841	0,669	0,628	100	161	100	151
	Mittel	83,1 / 133,8												
3201 d	94	103,0 / 163,0 103,0 / 162,5 103,0 / 166,5 104,5 / 163,5 104,5 / 162,0	16	1,036	0,0648	6	0,626	0,1043	0,626	0,637	100	158	100	161
	Mittel	103,6 / 163,5												

Daß beide Fadengewichte für den Riemen 419 geringere Werthe aufweisen als diejenigen der beiden Riemen 3201, kann an sich nicht befremden. Der Unterschied besagt nur, daß der Riemen 419 aus einem feineren Gespinnst gefertigt ist als die beiden anderen. Wohl aber muß es als auffallend bezeichnet werden, daß das Metergewicht der Bindefäden sich nur bei 3201 c geringer ergab als dasjenige der anderen Kettenfäden. Man durfte dies Ergebniß für alle drei Riemen erwarten, weil die Bindefäden in Folge ihrer stärkeren Anspannung am Metergewicht verlieren mußten. Die gefundenen gegentheiligen Werthe glaube ich vornehmlich, wenn nicht ausschließlich darauf zurückführen zu sollen, daß Fehler von einseitigem Einfluß bei den Längenmessungen gemacht sind, denn bei den Gewichtserhebungen dürften solche sogut als ausgeschlossen anzusehen sein.

Um nun an den Verhältnißzahlen für die Gewichte darzuthun, ob von der veränderten Anspannung der Bindefäden ein gesetzmäßiger Einfluß auf die Riemenfestigkeit zu erwarten ist und wie dieser verläuft, hat man diese Verhältnißzahlen mit denjenigen Werthen in Beziehung zu bringen, welche ein Maß für die Materialausnutzung in den vierfachen Riemen geben. Als solches würde die Reißlänge unmittelbar ausgenutzt werden können, wenn alle drei Riemen aus gleichen Fäden hergestellt wären. Die Metergewichte der Fäden zeigten, daß dies nicht der Fall ist. Unter der Annahme, daß die Festigkeit aller Fäden bei den doppelten Riemen, soweit wie überhaupt möglich, d. h. soweit die in demselben Faden vorkommenden Ungleichartigkeiten dies überall zulassen, voll zur Ausnutzung gelangte, wird man aber mit hinreichender Zuverlässigkeit die Verhältnisse der Reißlängen für die zusammen-

gehörigen doppelten und vierfachen Riemen als Vergleichswerthe für die Materialausnutzung in den letzteren in Betracht ziehen können. Sie ergeben sich nach den Werthen in Tab. 4 für den Riemen 419 a zu $\frac{506300}{6261} = 81\,\%$, für den Riemen 3201 c zu $\frac{74000}{738} = 100\,\%$ und für den Riemen 3201 d zu $\frac{63100}{646} = 96\,\%$. Trägt man diese Werthe als Ordinaten und die zu denselben Riemen gehörigen Verhältnißzahlen für die Gewichte der Bindefäden nach Tab. 15 als Abscissen auf, so erhält man den in Fig. 32 dargestellten Linienzug a d c.

Fig. 32.
Einfluß der Anspannung der Bindefäden auf die Festigkeit gewebter Riemen.

Aus seinem anfänglichen steilen Ansteigen von a nach d und dem dann folgenden flacheren Verlauf bis c erkennt man, daß die Materialausnutzung bei den untersuchten Riemen mit der Abnahme des Gewichtsverhältnisses der Bindefäden zu dem der übrigen Kettenfäden, also mit wachsender Anspannung der Bindefäden beim Weben, anfänglich schnell und schließlich nur noch in geringem Grade zunimmt.

Zwar ist die Zahl der vorliegenden Versuche zu gering und das verwendete Probematerial nicht gleichartig genug[1]), um in dem erhaltenen Linienzuge eine zuverlässige Darstellung für alle Verhältnisse erblicken zu können, indessen dürften folgende Betrachtungen zu der Annahme berechtigen, daß das obige Gesetz im Wesentlichen auch durch erweiterte Versuche Bestätigung finden wird.

Wie Zugversuche mit Fäden oder Garnen darthun, ist die Dehnung der Proben besonders bei geringeren Belastungen verhältnißmäßig groß, dann nimmt sie allmählich ab, um schließlich der Belastung proportional zu werden. Demgemäß werden auch die geringeren Anspannungen der Bindefäden beim Weben deren nachherige prozentuelle Dehnbarkeit im Riemen verhältnißmäßig mehr beeinträchtigen, sie also zur Antheilnahme an der Tragfähigkeit des Riemens mehr veranlassen, als dies größere Anspannungen beim Weben zu thun vermögen.

Ein weiteres Maß für die Anspannung der Bindefäden ist in dem Volumengewicht der Riemen gegeben. Je mehr nämlich die Bindefäden angezogen werden, einen desto größeren Druck üben sie auf die Schußfäden aus, welcher sich durch diese auf die übrigen Kettenfäden fortpflanzt, so daß das gesammte Material mehr zusammengepreßt wird[2]) und somit gleiche Volumina mehr Material enthalten, also auch ein größeres Gewicht annehmen.

Zunächst erkennt man aus dem Vergleich der Riemen gleicher Breite hinsichtlich der Volumengewichte und zugehörigen Reißlängen (s. Tab. 4, Seite 274, 1892), daß die Riemen

[1]) Die Punkte a und d sind an verschiedenem Gespinnst und für verschiedene Riemenbreiten und die Punkte d und c an gleichartigem Gespinnst aber ebenfalls für verschiedene Riemenbreiten gefunden.

[2]) Die Unterschiede in den Riemendicken bestätigen das Bestehen dieses Zustandes.

3201 a und c mit annähernd gleichem Volumengewicht auch gleiche Reißlängen besitzen, während bei den anderen beiden Riemenpaaren derjenige Riemen die größere Reißlänge aufweist, für den das größere Volumengewicht ermittelt wurde. Das Gleiche gilt auch von den drei vierfachen Riemen untereinander, für welche die Beziehungen zwischen Reißlänge (Ordinate) und Volumengewicht (Abscisse) durch den punktirten Linienzug Fig. 32 veranschaulicht wird.

Hiernach ist also auch durch die Beziehungen zwischen Volumengewicht und Reißlänge dargethan, daß die Möglichkeit, im vierfachen Riemen eine gleiche Ausnutzung des Materials zu erzielen wie im doppelten Riemen, in der stärkeren Anspannung der Bindefäden beim Weben gegeben ist.

Die zweite der obigen Schlußfolgerungen (s. Seite 6) besagte, daß die Materialausnutzung mit zunehmender Riemenbreite abnimmt. Dies gilt, wie es bereits an den Reißlängen dargethan ist, nicht nur für die doppelten und vierfachen, sondern auch für die beiden sechsfachen Riemen 3201 e und f. Der Riemen e mit 200 mm Breite lieferte 6510 m Reißlänge, der Riemen f mit 312 mm Breite dagegen nur 6120 m.

Zum Theil wird man die Unterschiede in den Festigkeiten bei verschiedenen Riemenbreiten auf die erörterten Unterschiede in den Anspannungen der Bindefäden zurückzuführen haben. Daß aber auch noch andere Umstände von Einfluß sein dürften, scheint schon daraus hervorzugehen, daß die Festigkeitsunterschiede auch bei den beiden sechsfachen Riemen bestehen, obgleich man nach den übereinstimmenden Volumengewichten und den übereinstimmenden Dicken beider gleiche Anspannung der Bindefäden in ihnen annehmen kann.

In der Anordnung der Kettenfäden dürften diese Umstände mit ihrem Einfluß nicht gefunden werden können; denn da alle Kettenfäden in parallelen und zwar nicht nur unter einander, sondern auch zur Kraftrichtung parallelen Ebenen gelegen sind, und ferner unabhängig von der Breite des Riemens die verschieden gelagerten Fäden immer in der gleichen Reihenfolge wiederkehren, so müssen einerseits alle diejenigen Fäden, welche zu dem Schuß gleiche Lage haben, gleiche Spannungen erleiden, andererseits aber auch die Riemenfestigkeiten bezogen auf die Breiteneinheit der Riemen, also auch bezogen auf die Fadenzahl, bei verschieden breiten Proben gleiche Werthe haben, vorausgesetzt, daß die Proben an den Enden innerhalb ihrer ganzen Breite gleichmäßig von den Einspannungen erfaßt werden. Ist dies nicht der Fall, so können die einzelnen Fadengruppen in der Einspannung gleiten. Die gleitenden Fäden werden dann wenig oder garnicht belastet, so daß folglich auch die Bruchlast des Riemens geringer befunden werden muß, als wenn alle Fäden gleichmäßig festgehalten werden. Die Gefahr der ungleichmäßigen Kraftübertragung durch die Einspannung nimmt aber mit der Breite der Riemen um deswillen zu, weil die benutzten Spannschellen sich bei den breiteren Riemen mehr durchbiegen als bei den schmäleren und daher die Fäden in der Riemenmitte leicht freilassen.

In der Versuchsanstalt werden aus diesem Grunde bei breiteren Riemen entsprechend stärkere oder doppelte Schellen verwendet. Ferner kann die ungleichmäßige Kraftübertragung daran leicht erkannt werden, daß ein gerader Strich, welcher längs der vorderen Schellenkante quer über den Riemen gezogen wird, bei der Belastung in eine gekrümmte oder Wellenlinie übergeht.

Neben der beschriebenen mangelhaften Einspannung rufen aber auch die Schußfäden Nebenspannungen in den Kettenfäden hervor, welche bei Riemen von verschiedener Breite eine verschiedenartige Vertheilung der Belastung auf die Fadengruppen oder auf die Breiteneinheit des Riemens verursachen.

Um festzustellen, in welcher Weise diese Nebenspannungen auf die einzelnen Kettenfäden einwirken und hierdurch die Bruchfestigkeit des Riemens beeinflussen, hat man die Einwirkung der Schußfäden für den ungespannten und für den gespannten Riemen getrennt zu untersuchen.

Im ungespannten Riemen sind die Schußfäden bestrebt, die Kettenfäden von sich abzudrängen und das Gewebe zu einem lockeren zu gestalten. Durch die Spannung der Kettenfäden werden sie aber selbst zusammengedrückt und, da Ober- und Unterfaden im Gewebe neben einander liegen, gleichzeitig in Wellenform übergeführt. Am größten ist diese gegenseitige Einwirkung z. B. beim vierfachen Riemen zwischen den der Oberfläche zunächst gelegenen Schußfäden und denjenigen Kettenfäden, welche zur Bindung des Gewebes dienen. Auch äußerlich ist dieser Zustand daran zu erkennen, daß die Bindefäden tiefer in die Oberfläche hineingezogen sind als die übrigen außen liegenden Kettenfäden. Je stärker also die Bindefäden angespannt sind, desto mehr sind es auch die Schußfäden.

Wird der Riemen belastet, so wächst mit der Anspannung der Kettenfäden der Druck auf die Schußfäden, also auch deren Anspannung. Besitzt nun der Schußfaden in Folge großer Anfangsspannung geringe Dehnbarkeit, so hindert er die Bindefäden, sich gerade zu ziehen, und veranlaßt sie hierdurch, zugleich einen entsprechenden Antheil der Gesammtbelastung des Riemens aufzunehmen.

Mit wachsender Dehnung des Riemens unter der Belastung muß auch die Entfernung der einzelnen Schüsse von einander in der Längsrichtung des Riemens zunehmen. Da sie aber einem einzigen Faden angehören, so ist dies nur möglich, indem die einzelnen Schüsse sich schräge stellen. Hierdurch erfahren sie selbst eine erhöhte Zugbelastung, welche sich beim Versuch deutlich in einer Breitenabnahme des Riemens zu erkennen giebt.

Diese Zugbelastung ist vornehmlich von den an den Rändern des Riemens gelegenen Kettenfäden als Seitenzug aufzunehmen, weil der Schußfaden um diese herum von einem zum anderen Rande zurückkehrt. Die Randfäden erleiden somit bei Belastung des an den Enden eingespannten Riemens den übrigen Fäden gegenüber eine um so erheblichere Mehrbelastung durch diese Nebenspannungen, je größer die Zugbelastung der Schußfäden in Folge ihrer Schiefstellung ist, oder je weniger die Schußfäden in Folge ursprünglicher starker Streckung beim Weben unter der nachherigen Belastung sich zu dehnen vermögen.

Aus den erörterten Wechselwirkungen zwischen den Ketten- und Schußfäden folgt nun, daß die hohe ursprüngliche Anspannung oder geringere Dehnbarkeit der letzteren die Festigkeit des Riemens insofern günstig beeinflußt, als sie die Bindefäden an der Tragfähigkeit des Riemens Theil nehmen läßt, während sie durch Ueberlastung der Randfäden die Riemenfestigkeit schmälert. Der letztgenannte ungünstige Einfluß wird aber bei gleichen Dehnungen der Riemen um so größer sein, je schmaler der Riemen ist, da bei diesem der Neigungswinkel der Schußfäden der größere ist.

Diese Verhältnisse gelten im vollen Umfange nur für den Versuch, bei dem die Enden der kürzeren Riemen fest eingespannt sind. Im Betriebe fällt der schädliche Einfluß des straff gespannten Schusses mehr fort, weil der Riemen ohne Ende seine Breite unter dem Drucke der Schußfäden innerhalb der ganzen Länge unbeeinflußt ändern kann. Er bleibt nur insofern bestehen, als die Kettenfäden beim Weben mit stark gespanntem Schuß aus der parallelen Lage zur Riemenmittellinie abgelenkt werden und zwar wieder die Randfäden mehr als die der Mitte näher gelegenen.

Die richtige Wahl für die Anspannung oder Dehnbarkeit der Schußfäden wird Sache der praktischen Erfahrung sein. Da aber auch schon beim starken Anspannen des Schusses

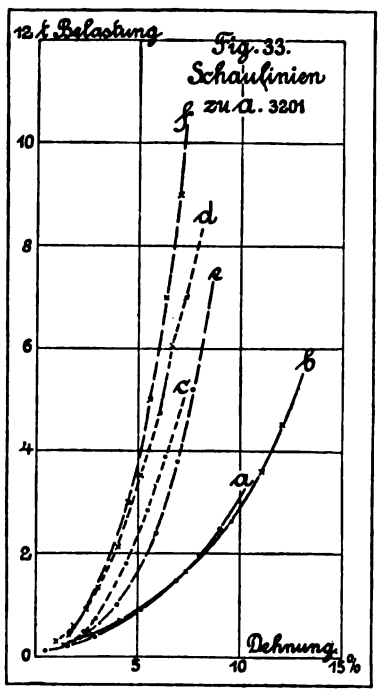
während des Webens eine Ueberlastung der Randfäden eintritt, so dürfte es sich zur Erzielung einer hohen Riemenfestigkeit empfehlen, ein an sich wenig dehnbares Material zum Schuß zu verwenden und diesen nicht stark anzuspannen.

Bei den unter A. 3201 vorliegenden Riemen ist der geschilderte Einfluß der Schußfäden auf die Riemenfestigkeiten nicht klar zu erkennen. Die Nebenumstände, welche hierbei zu berücksichtigen sein würden, als das Breitenverhältniß, sowie der Spannungszustand der Bindefäden und die Dehnung bei den Riemen gleichen Gewebes, wechseln zu sehr, als daß man sie bei dem geringen Vergleichsmaterial ausscheiden könnte.

Tabelle 16. **Beziehungen zwischen dem Einfluß der Riemenbreite, Anspannung der Bindung und der Schußfäden auf die Riemenfestigkeit.**

Zeichen des Riemens	Art des Gewebes	Breiten		Maß für die Anspannung der Bindung				Maß für die Schrägstellung der Schußfäden		Reißlänge	
				Riemen-Dicke		Volumengewicht					
		Abmessungen mm	Verhältniß %	Abmessungen mm	Verhältniß %	Werth g	Verhältniß %	Bruchdehnung %	Verhältniß %	Werth m	Verhältniß %
a	doppelt	141,6	100	3,8	100	815	100	10,2	100	7380	100
b		280,7	198	4,0	105	768	92	13,1	128	6460	87,5
c	vierfach	144,0	100	6,0	100	791	100	7,3	100	7400	100
d		280,3	195	6,6	110	715	90	8,2	112	6310	85,3
e	sechsfach	201,4	100	8,1	100	700	100	8,6	100	6510	100
f		312,4	156	7,9	98	700	100	7,3	85	6120	94,0

In Tab. 16 sind diese Nebenumstände durch Verhältnißzahlen gekennzeichnet, bei deren Berechnung die Werthe für die schmäleren Riemen gleich 100 gesetzt wurden. Aus der letzten Spalte der Tabelle ersieht man, daß der Unterschied in den Reißlängen verschieden breiter Riemen bei den sechsfachen am geringsten ist. Hierbei darf allerdings nicht unbeachtet bleiben, daß der Breitenunterschied bei diesem Riemenpaar nur 56 % beträgt gegenüber 95 und 98 % bei den beiden anderen. Da aber ferner bei den sechsfachen Riemen die Anspannung der Bindefäden, sowohl nach den Riemendicken als auch nach den Volumengewichten zu urtheilen, die gleiche und auch die Schrägestellung der Schußfäden nach den Bruchdehnungen der Riemen, welche aus den in Fig. 33 gegebenen Schaulinien ermittelt wurden, bei dem breiteren Riemen geringer gewesen ist als bei dem schmäleren, so erscheint es nach den obigen Erörterungen nicht ausgeschlossen, daß auch die letztgenannten Verhältnisse die Materialausnutzung in dem breiteren Riemen günstig beeinflußt haben.



Bei den doppelten und vierfachen Riemen ist das Breitenverhältniß nahezu das gleiche. Die Anspannung der Bindung in den breiteren Riemen den schmaleren gegenüber ist bei dem

doppelten die größere, also die günstigere, und zwar scheint dieser günstige Einfluß die schädliche Einwirkung der Schußfäden, welche in Folge größerer Dehnung bei dem breiteren doppelten Riemen die größere ist, zu überwiegen, so daß die verhältnißmäßige Materialausnutzung bei diesem schließlich doch eine bessere ist als bei dem breiteren vierfachen Riemen.

Die Elasticitätsmoduli der gewebten Riemen zeigen nach Tab. 9 für gleiche Spannungsgrenzen bei den vierfachen und sechsfachen Proben 3201, sowie bei den vierfachen und doppelten Proben 419 annähernd die gleichen Werthe. Diese steigen mit zunehmender Spannung diesen proportional anfänglich stark an und werden schließlich anscheinend konstant. Bei den beiden doppelten Riemen 3201 sind sie auffallend geringer, neigen sich aber bei höheren Belastungen ebenfalls einem konstanten Werth zu.

b. Tuchriemen.

Die Universal-Tuchriemen 275 a—c weisen nach Tab. 4 eine mit der Dicke des Riemens oder mit der Zahl der zum Riemen vereinigten Lagen des Tuches zunehmende Reißlänge auf. Auch die Bruchspannungen, bezogen auf die Querschnittseinheit, stehen in etwa dem gleichen Verhältniß zu einander wie die Reißlängen. Dieses Ergebniß muß auf den ersten Blick befremden, wenn man bedenkt, daß die Gefahr einer ungleichmäßigen Vertheilung der Belastung auf die einzelnen Tuchlagen mit deren Zahl eher zunehmen als abnehmen muß. Da ferner die dickeren Riemen auch eine größere Breite besitzen als die schmaleren und zwar derart, daß bei allen drei Sorten das Verhältniß von Dicke zur Breite nur zwischen 1 : 12 und 1 : 14 schwankt, so hätte man nach der an den gewebten Riemen gemachten Beobachtung auch aus diesem Grunde erwarten sollen, daß die Materialausnutzung, gemessen durch die Reißlänge, mit der Riemendicke abnehmen würde. Zur Erklärung des auffallenden, gegentheiligen Ergebnisses hat man in Rücksicht zu ziehen, daß die Riemen imprägnirt sind und daß daher weder die Reißlänge noch die Bruchspannung ein zuverlässiges Maß liefern, nach dem die Ausnutzung der in den Riemen enthaltenen Menge Hanf oder Tuch beurtheilt werden kann. Mit zunehmender Menge an Imprägnirungsmaterial im Riemen steigt nämlich das Gewicht für das laufende Meter, so daß die Reißlänge dementsprechend abnimmt, auch ist wohl zu erwarten, daß theils durch Aufschwemmung der Fasern, theils durch Einlagerung der Imprägnirungsmasse unmittelbar eine Zunahme des Querschnittes und demzufolge eine Verminderung der Bruchspannung herbeigeführt wird, ohne daß die absolute Festigkeit des Gewebes durch die Imprägnirung gelitten hat.

Soweit äußerlich an dem Gewebe und an dem Zustand der Fäden erkannt werden kann, ist zu allen drei Riemen gleiches Tuch verwendet. Es scheint mir daher die Materialausnutzung in den verschiedenen Riemen am zuverlässigsten an den auf die Einheit der Tuchbreite entfallenden Bruchbelastungen beurtheilt werden zu können.

Zu diesem Zweck wurden die Tuchbreiten aus den Breiten der Riemen und der Anzahl der Tuchlagen berechnet. Sie ergaben sich der Reihe nach für die Proben a—c zu 257, 459 und 810 mm. Diese Werthe können natürlich nur angenäherte sein; denn einerseits mußten die Tuchbreiten, welche in Folge des Umlegens in der Richtung der Riemendicke gelegen sind, vernachlässigt werden, andererseits erstreckten sich die im Riemeninnern gelegenen Lagen nicht über die ganze, außen gemessene Breite. Berechnet man nun aus ihnen und den mittleren Bruchlasten der Riemen die Festigkeit für 1 cm Tuchbreite, so erhält man die fast übereinstimmenden Werthe von 90,3; 91,3 und 90,9 kg. Hiernach kann also die

Materialausnutzung in den drei verschieden dicken imprägnirten Tuchriemen als gleichwerthig angesehen werden.

Den Einfluß der Imprägnirung auf die Festigkeit und Dehnung der Tuchriemen erkennt man aus dem Vergleich der für die Proben 340 a und b erhaltenen Werthe. Beide Proben sind bei gleicher Breite vierfach zusammengelegt. Nimmt man demnach die Gesammtbreite der verarbeiteten Tuchstreifen bei beiden als gleich an, so ergiebt sich aus den mittleren Bruchbelastungen unmittelbar, daß die Materialausnutzung bei dem schwach imprägnirten Riemen um weniges günstiger war als bei dem nicht imprägnirten Riemen. Setzt man die Bruchlast des letzteren gleich 100, so erhält man als Verhältnißzahl für den ersteren 113; die Festigkeitszunahme beträgt demnach 13 %. Vergleicht man dagegen die spezifischen Bruchlasten und Reißlängen, so finden sich für beide die größeren Werthe bei dem rohen Riemen und zwar in Uebereinstimmung mit den obigen Ausführungen, weil durch das Imprägniren das Metergewicht des Riemens von 258 auf 292 g und dessen Dicke von 4,3 auf 4,8 mm gestiegen ist.

Auf die Dehnung der Riemen bei gleichen Spannungen scheint schwache Imprägnirung von nur geringem Einfluß zu sein. Der rohe Riemen zeigte bei niederen Spannungen etwas größere und von 200 kg/qcm ab kleinere Dehnungen als der imprägnirte.

Ein strenger Vergleich zwischen den gewebten und den Tuchriemen aus Hanf ist nicht möglich, weil die Querschnitts-Abmessungen der Proben zu verschieden sind und von den gewebten nur rohe, von den Tuchriemen dagegen mit einer Ausnahme nur imprägnirte Riemen vorliegen.

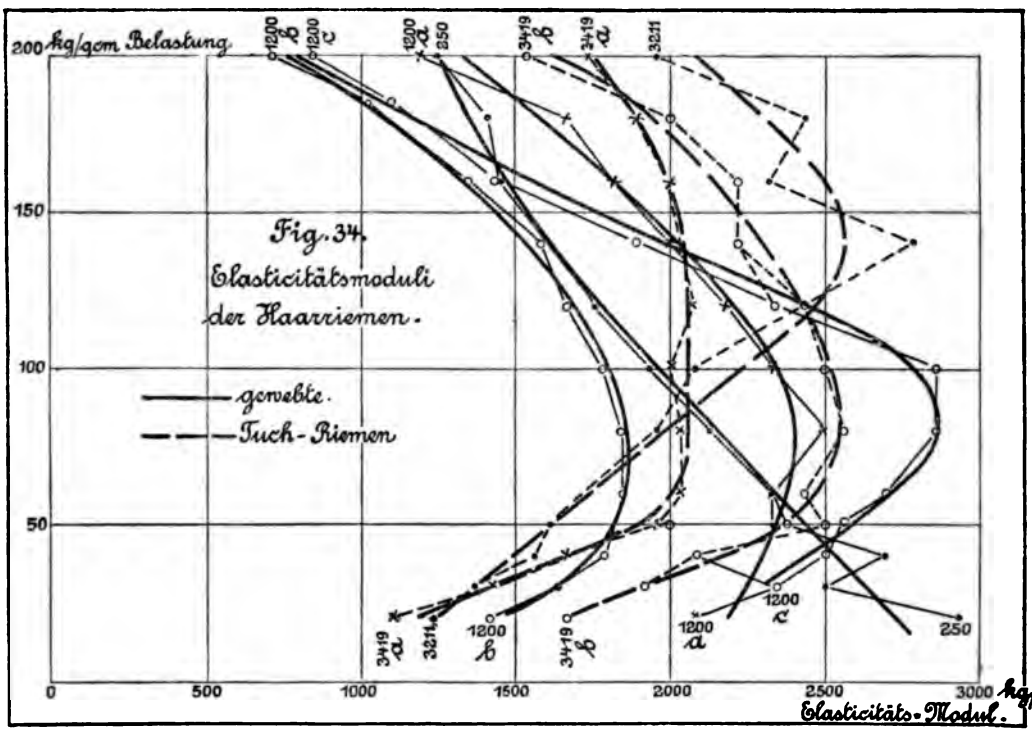
Da indessen der Einfluß der Imprägnirung auf die Dehnung nur als gering befunden wurde, so scheint es beachtenswerth zu sein, daß die Elasticitätsmoduli für gleiche Spannungsgrenzen bei den Tuchriemen größer befunden wurden als für die gewebten. Vor allem ist die Dehnungszunahme der letzteren bei niederen Belastungsstufen erheblich größer als bei den Tuchriemen. Dies ist wohl darin begründet, daß die einzelnen Kettenfäden bei dem in Leinwandbindung hergestellten Gewebe der Tuchriemen von vorneherein nahezu gestreckt liegen, während sie bei den gewebten Riemen sich anfänglich um ein erhebliches Maß gerade strecken können, also schon eine verhältnißmäßig große Längenänderung des Riemens zulassen, bevor der Faden an sich eine Dehnung erleidet.

4. Haarriemen.

a. Gewebte Riemen.

Die zu den Anträgen 250 und 1020 eingelieferten vier Sorten Riemen waren sämmtlich vierfaches Gewebe mit animalischer Kette und vegetabilischem Schuß, und mit Mennigfarbe angestrichen. In dem „Reddaway-Patent-Treibriemen" 250 bestanden ferner auch die Bindefäden aus vegetabilischem Material. An den Proben 1020 konnte ich die Feststellung des verarbeiteten Materials leider nicht vornehmen, da die Probenreste mir nicht mehr zur Verfügung standen. Ein Vergleich beider Riemensorten hinsichtlich des Einflusses der Verwendung vegetabilischen Materials zur Bindung auf die Riemenfestigkeit ist daher ausgeschlossen. Immerhin glaube ich aber, das Vorhandensein einer vegetabilischen Bindung in dem Riemen 250 als Beleg dafür anführen zu können, daß es in Uebereinstimmung mit meiner obigen Schlußfolgerung (s. Seite 13) bereits in der Praxis als vortheilhaft erkannt ist, wenn die Bindefäden aus weniger dehnbarem Material gefertigt werden, als die übrigen Kettenfäden.

Die mittlere Reißlänge beträgt bei allen vorliegenden gewebten Riemen mit annähernder Uebereinſtimmung 2700 m. Hiernach beſteht alſo im Hinblick auf die verſchiedenen Querſchnittsabmeſſungen der Proben 1020 ein Einfluß wechſelnder Dicke oder richtiger des wechſelnden Verhältniſſes zwiſchen Dicke und Breite bei den gewebten Kameelhaarriemen nicht.



Die Elaſticitätsmoduli für wachſende Spannungsgrenzen nach Tab. 10 nehmen bei den Proben 1020, wie aus den voll ausgezogenen Schaulinien Fig. 34 deutlich zu erkennen iſt, anfänglich zu, um von 60—90 kg/qcm Belaſtung ab mehr oder weniger ſchnell zu fallen. Der Reddaway-Patent-Treibriemen 250 unterſcheidet ſich von ihnen inſofern, als die Elaſticitätsmoduli bei ihm von Anfang an und zwar, wie es ſcheint, proportional der Spannung abnehmen.

b. Tuchriemen.

Von den imprägnirten Tuchriemen 3419 weiſt der ſechsfache bei faſt gleicher Breite eine um etwa 7 % größere Reißlänge auf als der vierfache. Die mittlere Reißlänge für alle beträgt etwa 3500 m. Sie iſt alſo um etwa 30 % größer als die mittlere Reißlänge der gewebten Kameelhaarriemen und kommt annähernd gleich derjenigen des Angora-Treibriemens 4028.

Die Elaſticitätsmoduli für wachſende Spannungsgrenzen, welche nach den Werthen der Tab. 10 in Fig. 34 als punktirte Schaulinien dargeſtellt ſind, nehmen wie diejenigen der gewebten Riemen anfänglich zu und dann wieder ab. Aber die Grenzpunkte für die größten Moduli liegen für ſie im allgemeinen bei höheren Belaſtungen als bei den gewebten Riemen.

5. Balatariemen.

Die Balatariemen, ihrem Material und ihrer Herstellungsweise nach im wesentlichen imprägnirte Baumwolltuchriemen, weisen Reißlängen von 4300 bis 6100 m auf. Von den Riemen 3437 ist die Probe a der Probe b hinsichtlich der Festigkeit entschieden überlegen. Die Riemen entstammen verschiedenen Fertigungen. Und wenn man daher die geringere Reißlänge der Probe b unter Berücksichtigung ihres größeren Gewichtes auch auf einen schwereren Imprägnirungsstoff zurückführen wollte, so bleiben doch für sie die geringere Bruchlast für ein Centimeter Riemenbreite und die geringere Bruchspannung bestehen. Das Gewebe ist in der Probe a das feinere. Bei ihr enthält jeder Kettenfaden 5 Garne, bei der Probe b dagegen 7 Garne. Da nun aus den Versuchsergebnissen für die baumwollenen Tuchriemen auf Seite 305 (Jahrgang 1892) dargethan ist, daß die Festigkeit des Gewebes mit der Zahl der Garne im Kettenfaden zunimmt, so hätte man hiernach auch für den Riemen 3437 b eine höhere Festigkeit erwarten sollen als für den Riemen a.

Das gegentheilige Ergebniß muß entweder auf die Verwendung festeren Garnes oder eines geeigneteren Balatamaterials zur Probe a zurückgeführt werden. Aus den vorliegenden Versuchsergebnissen kann eine Entscheidung über diese Fragen nicht erbracht werden. Wenn aber die Balatariemen sich überhaupt in der Verwendung bewähren sollten, so dürfte es sich im Hinblick auf die erörterten Festigkeitsunterschiede für beide Riemen wohl lohnen, einschlägige Versuche anstellen zu lassen, welche den Einfluß der Verwendung von Balata verschiedener Herkunft und Zubereitung, sowie das Verfahren der Imprägnirung auf die Riemenfestigkeit darthun. Nach den Versuchen zu A. 4214 mit Proben gleicher Herkunft besteht ein Einfluß verschiedener Dicke, veranlaßt durch die wechselnde Zahl der Tuchlagen, auf die Reißlänge der Riemen nicht.

Im Vergleich zu den mit Mennigfarbe gestrichenen Baumwolltuchriemen erscheint die Imprägnirung mit Balata einen günstigen Einfluß auf die Reißlänge ausgeübt zu haben. Die Mittelwerthe betragen bei den Balatariemen 4214 etwa 5200 m, bei den mit Mennige angestrichenen Baumwolltuchriemen dagegen nur etwa 4000 m. Hierbei ist freilich unter Berücksichtigung der zu den letzteren auf Seite 305 besprochenen Ergebnisse wiederum zu beachten, daß die verarbeiteten Tücher verschieden feines Gewebe besitzen. Bei den Balatariemen bestehen die Kettenfäden aus je 10 Garnen, bei den in Vergleich gezogenen Tuchriemen dagegen aus 8—22 Garnen. Am ähnlichsten ist den ersteren das Gewebe des Riemens 703 b mit Kettenfäden aus je 12 Garnen. Aber auch die Reißlänge dieses Riemens erreicht kaum den Werth von 4000 m, so daß hiernach thatsächlich die Balataimprägnirung die Festigkeit des rohen Riemens günstig zu beeinflussen scheint. Die Begründung dieses Umstandes dürfte darin gefunden werden können, daß die Balatamasse der auf Zerreißen des Riemens wirkenden Belastung zunächst ihre Eigenfestigkeit entgegensetzt und ferner durch ihr Haftvermögen an den Fäden deren ungleichmäßige Anspannung im Riemen ausgleicht. Beide genannten Eigenschaften scheinen nach dem Kraftaufwand, welcher zum Auseinanderreißen der verklebten Tuchlagen und zum Auszupfen einzelner Kettenfäden aufzuwenden ist, der Balatamasse in recht beträchtlichem Grade eigen zu sein.

Die Elasticitätsmoduli für wachsende Spannungsgrenzen der Balatariemen verschiedener Herkunft zeigen einen außerordentlich verschiedenartigen Verlauf, während die fünf zusammengehörigen Proben 4214 auch in dieser Beziehung gut übereinstimmen. Die Einzelwerthe sind nach Tab. 11 in Fig. 35 graphisch aufgetragen und durch leichte gerade Linien-

züge mit einander verbunden, deren Verlauf die stark gezogenen Ausgleichlinien sich möglichst anschließen.

Aus diesen Ausgleichlinien erkennt man, daß die Elasticitätsmoduli bei dem Riemen 3437a, dem festesten aller Balatariemen, bis zu etwa 100 kg/qcm Spannung mit dieser ziemlich stark wachsen, von da an aber nur wenig mehr zunehmen. Beim Riemen 3437 b haben die

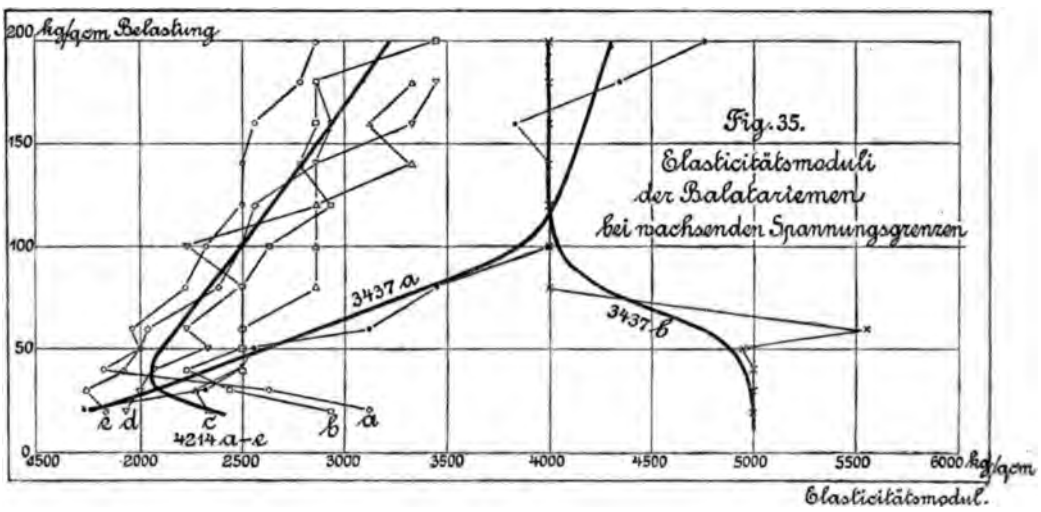


Fig. 35.
Elasticitätsmoduli der Balatariemen bei wachsenden Spannungsgrenzen

Elasticitätsmoduli innerhalb niedriger Spannungsgrenzen die höchsten Werthe von allen. Sie bleiben bis zu etwa 50 kg/qcm Spannung konstant, nehmen dann bis zu 100 kg/qcm stark und zwar bis unterhalb der Werthe für den Riemen a ab, um dann wiederum konstant zu werden.

Die Riemen 4214 weisen bis zu etwa 40 kg/qcm Spannung eine Abnahme ihrer Elasticitätsmoduli auf; dann steigen diese anscheinend proportional der Spannungszunahme aber in erheblich geringerem Maße als diejenigen des Riemens 3437 a.

D. Zusammenfassung der Schlußfolgerungen und Vergleich der Riemensorten unter einander.

Die Schlußfolgerungen, welche aus den im Vorstehenden erörterten Ergebnissen abgeleitet wurden, lassen sich wie folgt zusammenfassen:

a. Lederriemen.

1. Die Eichenlohgerbung liefert dem zur Untersuchung gelangten chemischen Gerbverfahren gegenüber ein Material von höherer Festigkeit und geringerer aber gleichmäßigerer Dehnung.
2. Mit zunehmender Dicke des Leders nehmen im allgemeinen spezifische Festigkeit, Reißlänge und Volumengewicht ab.
3. Nach der Lage in der Haut unterschieden, zeigen die Mittel-(Rücken-)stücke die größte, die Schwanzstücke die geringste Festigkeit. Die Dehnung ist für die Schwanzstücke am geringsten, für die Halsstücke am größten, sie nimmt also vom Kopf des Thieres nach dem Schwanz hin ab.
4. **Der Einfluß des Nähens oder Nietens auf die Festigkeit des Riemens ist gering. Die Dehnung ist innerhalb der Verbindung geringer als innerhalb des vollen Leders.**

5. Nach der Lage der Brüche in Bezug auf die Zuschärfung an den Stoßstellen ist das Leder an der Haarseite das festere. — Dieses Ergebniß steht im Widerspruch mit den inzwischen veröffentlichten Versuchsergebnissen von Gehrckens[1]); nach denen die beiden äußersten, auf der Haarseite und auf der Fleischseite gelegenen Schichten gleiche Festigkeit haben; spaltet man dagegen Lederriemen der Dicke nach in zwei gleich dicke Schichten, so hat die Haarseite nur etwa die halbe Tragfähigkeit der Fleischseite.
6. Doppelte Lederriemen besitzen wegen ungleichmäßiger Dehnung der aufeinander geleimten Stücke eine verhältnißmäßig geringe Festigkeit den einfachen Riemen gegenüber.
7. Durch Rohreinlagen erlangen Doppelriemen eine ausgesprochene Elasticität, höhere Bruchfestigkeit und größere Reißlänge; der Werth solcher Einlagen muß indessen im praktischen Betriebe festgestellt werden. Die Riemen nehmen im allgemeinen die Eigenschaften der Einlagen an.

b. Gewebte Riemen.

8. Die Materialausnutzung (Reißlänge des Riemens und Bruchfestigkeit bezogen auf die Fadenzahl) ist beim vierfachen und sechsfachen Gewebe im allgemeinen geringer als diejenige beim doppelten Gewebe. Durch zweckentsprechende Anspannung der Bindefäden beim Weben, oder durch die Verwendung weniger dehnbaren Materials zu den Bindefäden läßt sich indessen erreichen, daß die Materialausnutzung bei den genannten Gewebearten die gleiche wird. Hierbei haben geringe Anspannungen der Bindefäden eine verhältnißmäßig größere Wirkung als starke Anspannungen.
9. Der Einfluß der Schußfäden auf die Festigkeit des Riemens ist abhängig von der Dehnbarkeit dieser Fäden. Ein wenig dehnbarer Schuß wirkt günstig auf die Riemenfestigkeit, indem er bei sonst gleichen Verhältnissen das Geradestrecken der Bindefäden hindert und so diese nöthigt, an der Tragfähigkeit des Riemens Theil zu nehmen. Ein straff gespannter Schuß wirkt dagegen ungünstig, indem er die nach dem Rande zu gelegenen Kettenfäden beim Versuch in Folge seiner Schiefstellung bei Dehnung des Riemens überlastet und auch schon beim Weben aus der Zugrichtung ablenkt. Man wird daher zweckmäßig zum Schuß wenig dehnbares Material verwenden und dieses nicht übermäßig spannen.

c. Tuchriemen.

10. Mit zunehmender Zahl der Garne in den Kettenfäden nimmt die Festigkeit der Tuchriemen zu, ihre Dehnung bei gleichen Spannungen ab, vorausgesetzt, daß die Riemen gleiche Abmessungen und gleiches Gewicht für das laufende Meter und die Kettenfäden gleichen Drall und gleiche Feinheitsnummer haben.
11. Bei imprägnirten Tuchriemen verschiedener Dicke aber gleichen Materials kann weder die Reißlänge wegen einseitiger Beeinflussung des Gewichtes durch die Menge des Imprägnirungsstoffes, noch die Bruchspannung wegen Aenderung des Querschnittes durch die Imprägnirung zur Beurtheilung der Materialausnutzung herangezogen werden. Ein zuverlässiges Maß hierfür liefert die Bruchlast, bezogen auf die Breiteneinheit des verwendeten Tuchstreifens.

Hiernach ist die Materialausnutzung bei verschiedenen Riemendicken oder bei verschiedener Anzahl der Tuchlagen gleich groß.

[1]) Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure 1893, S. 18.

12. Die Imprägnirung scheint die Festigkeit günstig zu beeinflussen, auf die Dehnung der Riemen aber ohne Einfluß zu sein.

d. **Vergleich der verschiedenen Riemensorten bezüglich ihrer Elasticität.**

Zum Vergleich der Elasticität der verschiedenen Riemensorten sind die Elasticitätsmoduli für wachsende Spannungsgrenzen nach den ermittelten Ausgleichslinien in Fig. 36 graphisch gegenübergestellt. Aus dem Verlauf der Linienzüge erkennt man, daß die Lederriemen die kleinsten, die Hanfriemen bei weitem die größten Elasticitätsmoduli besitzen.

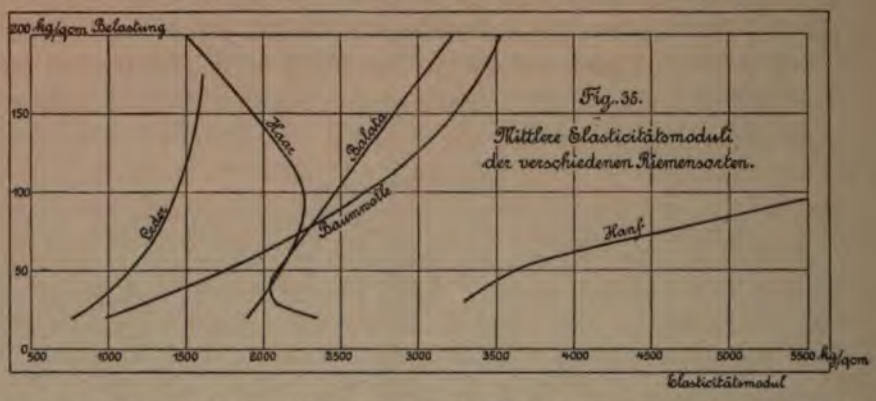


Fig. 35.
Mittlere Elasticitätsmoduli der verschiedenen Riemensorten.

Außerordentlich verschiedenartig sind auch die Veränderungen, welche die Moduli mit wachsenden Spannungen erleiden. Am geringsten sind diese beim Leder. Bei den Hanf- und Balatariemen wachsen sie von etwa 50 kg/qcm Spannung ab proportional mit diesen, aber bei beiden Sorten in verschiedenem Grade. Bei den Baumwollriemen wachsen sie bis zu 100 kg/qcm in stärkerem Maße als bei höheren Spannungen und bei den Haarriemen nehmen sie bei höheren Spannungen in erheblichem Maße wieder ab.

---

3. Wiesner. Studien über angebliche Baumbastpapiere.

In Band CXXVI der „Sitzungsberichte der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien" veröffentlicht Professor Jul. Wiesner eine kritische Studie über die Existenz der sogenannten „Baumbastpapiere".

Derselbe Forscher hat bekanntlich nachgewiesen, daß die allgemeine Annahme, dem Lumpenpapier sei ein Papier aus roher Baumwolle vorangegangen, ins Reich der Fabel zu verweisen ist und daß es, wie die Untersuchung der Fajumer-Papiere zeigte, bis zu deren Entstehen wohl nie ein Baumwollenpapier gegeben hat; bei der mikroskopischen Untersuchung dieses Urkundenmaterials erwiesen sich alle als aus Baumwolle hergestellt bezeichnete Papiere mit Sicherheit als reine Lumpenpapiere.

Nunmehr führt Wiesner vom naturwissenschaftlichen Standpunkt aus den Beweis, daß es auch niemals ein Baumbastpapier gegeben hat.

Von historischer Seite sind, wie Wiesner berichtet, in letzter Zeit bereits mehrfach Zweifel hinsichtlich der Existenz des Baumbastpapiers laut geworden und letzteres theilweise als Papyrus gedeutet worden. Eine endgiltige Lösung der Frage konnte aber nur durch das Zusammenwirken der naturwissenschaftlichen und historischen Forschung erfolgen.

Als Grundlage für die Unterſuchung diente dem Verfaſſer ein im Beſitze der Hofbibliothek in Wien befindliches „unangezweifelt baumbaſtpapiernes“ Manuſkript, das in Neſſels Katalog (Nessel, Catalogus Bibliothecae Caesareae V pag. 105. 1690) abgebildet, beſchrieben und als Baumbaſtpapier (charta corticea) bezeichnet iſt.

Die älteren Gewährsmänner für die Echtheit dieſes Baumbaſtpapiers ſind Mabillon (De re diplomatica Lib. I c. 8), welcher gegen Ende des 17. Jahrhunderts, und Montfaucon (Palaeogr. Lib. I c. 2. p. 15), welcher im Anfange des 18. Jahrhunderts das erwähnte Manuſkript beſprach. Später haben noch Schwarz (De ornamentis libr. vet. Diss. IV p. 142) und Fiſcher (Allgemeine Encyklopädie von Erſch & Gruber, XI. Th. Leipzig 1838, p. 84) dieſe Urkunde erwähnt und das Material für „Baumbaſtpapier“ erklärt.

Das Manuſkript wurde bereits vor einigen Jahren von Wiesner als Papyrus erkannt; da ſich der Verfaſſer aber damals mit einer äußerlichen Unterſuchung unter Zuhilfenahme einer Lupe begnügen mußte, ſo war das Ergebniß nicht einwandfrei. Erſt jetzt, nachdem ein kleines Stück für eine mikroſkopiſche Unterſuchung zur Verfügung geſtellt wurde, konnte die Frage über die Herkunft des fraglichen Beſchreibſtoffes unwiderleglich beantwortet werden.

Ohne Präparation unter das Mikroſkop gebracht, ließen ſich nur zwei in verſchiedener Höhe liegende Faſerſyſteme erkennen; nach der Behandlung mit verdünnter Kalilauge zeigten dieſe Syſteme mit Tüpfeln verſehene Gefäße und entpuppten ſich ſomit als Gefäßbündel. Hierdurch war Baumbaſt als Rohmaterial völlig ausgeſchloſſen. Die weitere Unterſuchung ergab die vollſtändige Uebereinſtimmung mit echtem Papyrus, ſowohl was die Ausbildungsweiſe der Gefäßbündel, als auch die des eigenthümlich geſtalteten parenchymatiſchen Grundgewebes anbelangt.

Wiesner zeigt im Anſchluß hieran zunächſt, zu welchem Ergebniß hinſichtlich der Exiſtenz der Baumbaſtpapiere die hiſtoriſche Forſchung gelangt iſt und erörtert dann, ob es im Hinblick auf die den „Baumbaſtpapieren“ zugeſchriebenen Eigenthümlichkeiten überhaupt möglich iſt, aus Baumbaſt ein ſolches Papier zu erzeugen. Wer zuerſt vom Baumbaſtpapier (charta corticea) ſprach, iſt dem Verfaſſer nicht bekannt geworden. Zu Ende des Mittelalters war die Meinung, es exiſtire Baumbaſtpapier, ſchon verbreitet; im ſiebenzehnten und achtzehnten Jahrhundert wurde mit Beſtimmtheit von Baumbaſtpapier geſprochen (Mabillon, Nessel, Montfaucon). Mit nicht geringerer Sicherheit geſchah dies in der Mitte unſeres Jahrhunderts.

Fiſcher ſchreibt darüber:

> „Aelter vielleicht als das Papyruspapier, weil das Material dazu näher lag und allgemein zugänglicher war, oder wenigſtens gleichzeitig mit ihm war das ſogenannte Baumbaſtpapier, welches aus der Membrana ligni tenniori, d. i. aus den abgelöſten zarten Häuten der inneren, von der äußeren harten Rinde oder Borke bedeckten Oberfläche der dazu tauglichen Bäume (z. B. Linde, Birke, Buche) hergeſtellt war.“

Plinius theilt mit (Hist. nat. XIII. 11), daß es auf ähnliche Weiſe wie das ägyptiſche Papier durch Waſchen, Schlagen, Trocknen, Planiren, Glätten und Leimen verfertigt wurde.

Bezüglich der Eigenſchaften des Baumbaſtpapiers giebt Fiſcher an, daß es dem Papyrus ähnlich ſei und wie dieſes aus mehreren Lagen beſtehe; auch werden den Baumbaſtpapieren anſehnliche Größen zugeſchrieben; ſo ſoll ein in der Kirche zu Gironne befindliches Manuſkript zwei Ellen lang und eine Elle breit ſein.

Andere als diese äußerlichen Kennzeichen für Baumbastpapier scheint man nicht zu Rathe gezogen zu haben. M. Hauer (Rheinisches Museum, Neue Folge 2, 639) stützt sich bei seiner Bestimmung des Baumbastpapiers nur darauf, daß es zerbrechlicher, dicker und schwammiger sei als Papyrus.

In den beiden letzten Jahrzehnten ist die Frage, ob man Baumbast zur Herstellung eines papyrusähnlichen Beschreibstoffes verwendet habe oder nicht, lebhaft erörtert worden, ohne daß man zu einem endgiltigen Schluß gekommen wäre; die Forscher, welche sich hierüber äußerten (W. Wattenbach, Das Schriftwesen im Mittelalter. Leipzig 1875. 2. Aufl.), Gardthausen (Griechische Paläographie. Leipzig 1879) und Breßlau (Handbuch der Urkundenlehre für Deutschland und Italien. Bd. I. Leipzig 1889). Der Letztgenannte erklärt das Baumbastpapier bereits auf Grund vergleichender botanischer Forschungen für Papyrus.

Wiesner weist nun nach, daß man aus Baumbaststreifen, denn nur um solche handelt es sich, nicht etwa wie bei den japanischen Papieren um [illegible] durch Verfilzung zu Papier vereinigte Bastzellen, überhaupt keinen papyrusähnlichen Beschreibstoff herstellen kann; er experimentirte namentlich mit dem Bast der Bäume, welche angeblich zur Herstellung der Charta corticea gedient haben sollen: Linde, Buche und Birke.

Die Bedingung, welche ein Bast erfüllen muß, um zur Herstellung eines papyrusartigen Beschreibstoffes dienen zu können, ist die, daß er möglichst viel Bastzellen enthalte, welche eine geschlossene, von den benachbarten Geweben trennbare Faserschicht bilden. Dies ist bei der Linde der Fall, nicht aber bei der Buche und Birke; letztere sind daher von vornherein ausgeschlossen.

Es ist aber auch Wiesner nicht gelungen, aus Lindenbast große, papyrusartige Blätter zu machen, weil man die nebeneinanderliegenden Stücke weder durch Pressen, noch durch Hämmern, Kleben u. s. w. zur Unlösbarkeit der seitlichen Verbindung zu einem Stücke vereinigen kann. Immer sieht man die Grenzen der einzelnen Baststücke mit größter Deutlichkeit; eine ebene Fläche zum Beschreiben ist nicht zu erzielen.

Da man den Lindenbast leicht in schmale Stücke spalten, so könnte man durch Uebereinanderlegen ganzer Baststücke nur kleine Bastplatten, etwa in der Größe eines Kartenblattes gewinnen. Man muß aber die Baumbastpapiere eine ansehnliche, mehrere Quadratmeter umfassende Fläche gehabt haben. Bastpapiere von solcher Größe lassen sich aber, wie gesagt, nicht herstellen.

Hiernach und aus dem Ergebniß der mikroskopischen Untersuchung ergiebt sich, daß ein Baumbastpapier niemals existirt hat.

Zur Kritik [illegible] noch folgende Bemerkungen [illegible].

Von historischer Seite sind nicht erst in neuerer Zeit Zweifel über die Existenz eines Baumbastpapiers ausgesprochen worden. Schon die Bemerkung Montfaucon's (Palaeogr. graec. [illegible]), daß das Baumbastpapier äußerst leicht mit dem ägyptischen Papyrus wegen der großen Aehnlichkeit mit demselben verwechselt werden könne, läßt auf geringe [illegible] schließen.

Ganz entschieden spricht sich aber Maffei (Istoria diplomatica, che serve d'introduzione all' arte critica. Mant. 1727. 4. lib. 2 § 4 [illegible]) gegen die Existenz eines Baumbastpapiers aus: er widerlegt das ganze System von Manuscripten und Urkunden auf Baumbastpapier und behauptet, es wäre nie dergleichen vorhanden gewesen. Ein Unterschied zwischen dem ägyptischen Papyruspapier und dem Papier, welches angeblich aus Baumbast bestehen

soll, ist nach seiner Meinung nicht vorhanden. Die Verwendung von Baumbast habe sich auf die Herstellung von kleineren Beschreibstoffen, wie Taschenbüchern, Schreibtäfelchen ꝛc., beschränkt. Auch Brissonius, Chifflet und mehrere andere bestritten die Existenz eines Baumbastpapiers, fanden aber bei ihren Zeitgenossen keinen Glauben.

Herzberg.

---

4. Streeb. Ueber Derivate des Lignins.

In der Einleitung seiner Inaugural-Dissertation[1]) schildert Ernst Streeb zunächst die verschiedenen Wege, welche man sowohl vom wissenschaftlichen als auch vom praktischen Standpunkt aus eingeschlagen hat, um das Lignin, den charakteristischen Bestandtheil aller verholzten Fasern, aus seiner Verbindung mit Cellulose abzuscheiden.

Hoffmeister löst die Cellulose aus der verholzten Faser durch wiederholtes abwechselndes Kochen mit Essigsäure und Digeriren mit Kupferoxydammoniak.

F. Schulze oxydirt das Lignin durch Behandlung der Fasern mit Salpetersäure und Kaliumchlorat; Croß und Bevan durch feuchtes Chlor, Poumarède und Figuier durch Chlorkalklösung, Hugo Müller durch Bromwasser ꝛc. ꝛc.

In der Praxis werden zur Trennung von Lignin und Cellulose im wesentlichen zwei Verfahren angewendet.

1. Das Natronverfahren besteht in der Behandlung von zerkleinertem Holz mit Natronlauge von 12—14 ° Bé. bei hoher Temperatur und hohem Druck. Es ergiebt eine ziemlich reine Cellulose und eine braune Kochlauge, welche die inkrustirenden Bestandtheile gelöst enthält. Mehrere Analysen nach der Methode von Schulze ergaben für die gewonnene Cellulose im Mittel einen Gehalt an reiner Cellulose = 96,0 %.

2. Das Sulfitverfahren besteht darin, daß zerkleinertes Holz mit einer Calciumsulfit und Magnesiumsulfit enthaltenden Lösung von schwefliger Säure (Mitscherlich, Ritter-Kellner) oder nur mit schwefliger Säure bei einer bestimmten Temperatur und einem bestimmten Druck behandelt wird. Als Mittel mehrerer Bestimmungen nach Schulzes Methode ergab sich ein Gehalt an reiner Cellulose = 94 %.

Die auf Seite 6 der Arbeit mitgetheilten Reaktionen von Anilinsulfat, Phloroglucin und Methylindol auf Cellulosen verschiedener Herstellung können kein allgemein giltiges Bild über die Vollständigkeit der Trennung von Lignin und Cellulose nach den verschiedenen Verfahren abgeben; die Cellulose kann sich bei verschiedenen Kochungen nach derselben Methode ganz verschieden verhalten.

Verfasser benutzte nun die nach dem Kochprozeß sich ergebenden Abfalllaugen, um aus den Eigenschaften der entstandenen Derivate des Lignins auf die Eigenschaften und Zusammensetzung des letzteren selbst Rückschlüsse zu machen.

Ein Versuch auf dem von Tollens und Lindsey eingeschlagenen Wege weiter zu gehen war ohne Erfolg. Diese Forscher erhielten bekanntlich bei der Untersuchung von Abfalllaugen der Sulfitcellulose-Fabrikation durch Zusatz von Bleiessig und Salzsäure Niederschläge, aus denen sich ein in Form eines schwarzen Gummis erhaltener organischer Körper darstellen läßt, der etwa 58,5 % Kohlenstoff, 6 % Wasserstoff und 5,5—7 % Schwefel enthält und ungefähr

[1]) Im Verlage von Val. Höfling, München 1892.

der Formel $C_{26}H_{30}SO_{12}$ entspricht. Sie sprachen daraufhin die Vermuthung aus, daß dieser Körper eine vom Lignin derivirende Sulfonsäure sei.

Streeb stellte sich nun durch Behandeln der Sulfitlauge mit Alkohol ein reineres Produkt dar. Zunächst wurde frische Sulfitlauge durch mehrtägige Behandlung mit Bariumcarbonat von schwefliger Säure und Schwefelsäure befreit; dann wurde die Flüssigkeit mit Calciumhydroxyd gesättigt, um die organischen Säuren in die entsprechenden Calciumsalze überzuführen, und der überschüssige Kalk wieder mit Kohlensäure ausgefällt. Das Filtrat wurde unter Beobachtung nöthiger Vorsichtsmaßregeln (Vacuum, Kohlensäure) eingedampft und der gewonnene hellbraune Syrup mit Alkohol versetzt; es fiel hierbei ein fast weißer, amorpher Körper in Flocken aus, der sich bald zu einer zähen, gummiartigen Masse zusammenballte.

Die Analyse dieser Calciumverbindung wies auf eine organische Substanz von der Formel $C_{18}H_{24}SO_{10}$ hin (Ligninsulfonsäure).

Bei der Prüfung des in der Natronholzlauge enthaltenen Ligninderivates wendete Streeb zunächst das Langesche Verfahren auf Fichtenholz an; letzteres wurde bei 185 ° C. im Oelbade mit Kalilauge eingetrocknet (es entsteht hierbei nach Lange Cellulose und mit dem Alkali verbundene und durch Säure fällbare „Ligninsäure", die in Alkohol zum Theil löslich ist; der unlösliche Theil enthielt 61,5 % Kohlenstoff und 5,5 % Wasserstoff, der lösliche 59 % Kohlenstoff und 5,3 % Wasserstoff); das Reaktionsgemisch wurde mit Wasser aufgenommen und von der Cellulose abfiltrirt. Aus dem Filtrat fiel auf Zusatz von Säure ein voluminöser Niederschlag, der 64,59 % Kohlenstoff und 5,35 % Wasserstoff enthielt.

Eine weitere „Ligninsäure" stellte Streeb aus Natronabfalllauge durch Behandlung mit Salzsäure her; die Analyse ergab 63,92 % Kohlenstoff und 5,11 % Wasserstoff. Auch andere auf verschiedene Weise aus der Rohfällung der Lauge erhaltene Körper hatten ähnliche Zusammensetzung; sie scheinen gleich und mit der nach Lange durch Eintrocknen von Holz mit Kali erhaltenen sowie mit der von Streeb aus der Sulfitlauge abgespaltenen Ligninsäure identisch zu sein. Hierfür sprechen nicht nur das Aussehen, die Eigenschaften, die Löslichkeitsverhältnisse ꝛc., sondern vor allem auch die Analysen und man kann folglich schließen, daß allen diesen Körpern auch eine der oben angeführten Formeln gemeinsam zukommt.

Die Ergebnisse der Arbeit lassen sich wie folgt zusammenfassen:

1. Das Lignin des Holzes geht beim Sulfitprozeß in lösliche Ligninsulfonsäure über, die als ligninsulfonsaures Calcium in der Lauge enthalten ist.
2. Das Lignin des Holzes geht beim Natronverfahren in Ligninsäure über, die in der Lauge als ligninsaures Natron vorhanden ist.
3. Ligninsulfonsäure zersetzt sich beim Erhitzen mit Alkalien und alkalischen Erden in schweflige Säure und Ligninsäure, welche mit der Ligninsäure aus Holznatronlauge und der Langeschen anscheinend identisch ist.

Herzberg.

5. Mangin. Unterſuchungen über die Celluloſemembran.

Da die von L. Mangin (Comptes rendus. 1891. CXIII) mitgetheilten Beobachtungen nicht nur für botaniſche Zwecke, ſondern auch für die Kenntniß der Eigenſchaften des Papiers von Intereſſe ſind, ſo ſeien die Ergebniſſe der Arbeit nachſtehend im Auszug wiedergegeben. Verf. erwähnt zunächſt, daß die Celluloſe charakteriſirt iſt

1. durch die Unlöslichkeit in gewöhnlichen Löſungsmitteln,
2. durch die Umwandlung, welche ſie durch oxydirende Mittel zunächſt in die in Alkalien lösliche Oxycelluloſe und dann in Oxalſäure erfährt,
3. durch die Löslichkeit in Kupferoxyd-Ammoniak, und
4. durch die bei Einwirkung von Schwefelſäure oder Chlorzink vor ſich gehende Umwandlung in Hydrocelluloſe (Amyloid), welche ſich mit Jod blau färbt.

Vom anatomiſch-botaniſchen Standpunkt aus bezeichnet M. die letztgenannte Reaktion, alſo die Umwandlung von Celluloſe in Hydrocelluloſe als die wichtigſte, weil in dieſem Zuſtand ihre Verwandtſchaft zu färbenden Agentien am größten iſt. Dieſe Umwandlung, welche bei der mikroſkopiſchen Unterſuchung unerläßlich iſt, konnte bisher oft nur ſchwierig und unſicher erreicht werden.

M. giebt nun in ſeiner Arbeit einmal ein Verfahren an, alle Arten von Celluloſe auf eine ſchnelle und ſichere Art in Hydrocelluloſe überzuführen und nennt dann eine Anzahl von Reaktionen, welche dieſem Umwandlungsprodukt eigenthümlich ſind.

I. Umwandlung der Celluloſe in Hydrocelluloſe.

Wenn man Celluloſe in der Kälte der Einwirkung von konzentrirter Schwefelſäure oder Phosphorſäure ausſetzt, ſo erhält man verſchiedene noch wenig bekannte Produkte, darunter die Hydrocelluloſe. Wenn die Säuren zu konzentrirt ſind, ſo überſchreitet man ſehr ſchnell den Punkt der Hydrocelluloſebildung und die Zellwände zerfallen oder gehen in Löſung; ſind die Säuren zu ſchwach, ſo wird jener Punkt überhaupt nicht erreicht. Es iſt daher ſchwer, mit dieſen Mitteln gleichmäßige Ergebniſſe zu erzielen.

Auch bei Anwendung von Chlorverbindungen der Metalle treten dieſelben Schwierigkeiten auf; da ihre Wirkung weniger energiſch iſt als die der Säuren, ſo wird bei ihnen der Punkt der Hydrocelluloſebildung ſelten überſchritten, in den meiſten Fällen wird er nicht einmal erreicht.

Beſſer verwendet man Alkalien, welche ſchon in der Kälte ein leicht zu färbendes Produkt liefern; dieſes Umwandlungsprodukt, welches zuerſt von Schleiden erwähnt wurde[1]), hat dieſelben Eigenſchaften wie die unter Anwendung von Säuren hergeſtellte Hydrocelluloſe.

Um ſie herzuſtellen, behandelt man die Gewebe mit einer geſättigten alkoholiſchen Löſung von Kalium- oder Natriumhydroxyd; man braucht dann nur das Färbmittel anzuwenden, um ſogleich die charakteriſtiſche Färbung der Celluloſe zu erhalten, wobei es gleichgiltig iſt, ob man vorher neutraliſirt hat oder nicht.

Vor der Behandlung mit Alkali muß man das Objekt in abſoluten Alkohol bringen, um eine Verdünnung der Lauge und eine Schrumpfung des Objektes zu verhindern.

Die Einwirkung von Kupferoxyd-Ammoniak iſt ähnlich wie die der Alkalien.

[1]) J. Schleiden. Wiegmanns Archiv 1838.

II. Färbmittel für Celluloſe.

Jod. Nach Ueberführung der Celluloſe in Hydrocelluloſe iſt erſtere durch die Blaufärbung, welche bei Anwendung von Jod mit Säuren oder gewiſſen Salzen auftritt, leicht zu erkennen. Die Jodreagentien, welche man in der Pflanzenanatomie anwendet, werden hergeſtellt durch Miſchen von Jod mit Säuren oder Chlorverbindungen, welch letztere dazu beſtimmt ſind, die Hydrocelluloſe zu bilden. So wurde die Miſchung von Jod und Schwefelſäure von Schleiden entdeckt und angewendet. Barreswill und Rilliet entdeckten das Chlorzinkjod und Mangin wendet außer dieſen Verbindungen ſolche von Jod mit Chlorcalcium, Zinnchlorid oder Phosphorſäure an[1]).

Die durch dieſe Reagentien erzeugte Färbung, welche bei der unbehandelten Celluloſe langſam und unſicher auftritt, erſcheint ſogleich, wenn Alkalien angewendet wurden.

Organiſche Farbſtoffe. Diejenigen Farbſtoffe, welche die Celluloſe direkt, ohne Beize färben, gehören ſämmtlich zu den Azofarbſtoffen[2]); man kann ſie in zwei Gruppen trennen: die eine färbt Celluloſe, wenn auch ſchwach, in einem ſauren, zuweilen auch in einem neutralen Bad: Orſeille BB, Brillant-Crocein, Scharlach-Crocein, Naphtolſchwarz ꝛc.; die andere färbt Celluloſe, und zwar ſtark, in einem alkaliſchen Bade; hierher gehören die Benzidin-, Toluidin- und Xylidinfarbſtoffe wie Congoroth, Congo-Corinth, Heliotrop, Benzopurpurine, Deltapurpurine, Azoblau, Azoviolett, Benzoazurine ꝛc.

Die Celluloſe färbt ſich nur dann leicht mit dieſen Farbſtofflöſungen, wenn ſie ſich von Natur aus ſchon in einem der Hydrocelluloſe naheſtehenden Zuſtand befindet, wie dies bei den Baſtzellen der Monokotyledonen, bei gewiſſen Baſtfaſern, bei ruhenden Cambialzellen, bei den vor der Reſorbtion ſtehenden Gefäßquerwänden (Mais, Bambus) u. ſ. w. der Fall iſt. Oxycelluloſe wird durch dieſe Farbſtoffe nur ſehr ſchwach oder überhaupt nicht gefärbt. Aber alle Celluloſemembranen färben ſich ſofort und ſehr intenſiv nach der Behandlung mit Alkalien.

Es giebt alſo drei Gruppen von Farbſtoffen, welche Celluloſe charakteriſtiſch färben: die Jodverbindungen, die Farbſtoffe der Orſeillegruppe im ſauren Bade und ſchließlich die Benzidinfarbſtoffe im alkaliſchen Bade.

Es wäre eine ſehr dankenswerthe Arbeit, zu verſuchen, ob man an der Hand des oben mitgetheilten ein Verfahren ermitteln könnte, um feſtzuſtellen, ob die in einem Papier oder einer Celluloſe vorhandenen Faſern zum Theil in Hydrocelluloſe übergeführt ſind oder nicht.

Herzberg.

---

[1]) L. Mangin. Sur les reactifs jodés de la cellulose. (Bulletin Soc. Bot. de France XXXV.)

[2]) L. Mangin. Sur les reactifs colorants des substances fondamentales de la membrane. (Comptes rendus. 1890.)

6. Ueber die Ausführung von Festigkeitsversuchen.

Aus einem Gutachten, erstattet von der Königl. mechan.-techn. Versuchsanstalt.

Vom Vorsteher, Professor A. Martens.

Eine Königliche Werksverwaltung erbat sich über verschiedene Punkte der Festigkeitsprüfung von Konstruktionsmaterialien ein Gutachten, indem sie zugleich die von anderer Stelle gemachten Vorschläge zur Rückäußerung vorlegte. Da die in diesem Gutachten behandelten Theile häufig den Gegenstand von Anfragen bilden und sie, wenn auch im allgemeinen nur bekannte Dinge behandelt werden, doch für weitere Kreise nicht ohne Interesse sein dürften, so wird das Gutachten in seinem wesentlichen Inhalt nachstehend zum Abdruck gebracht.

Die genannten Vorschläge beschäftigen sich mit der Form der Probestäbe für den Zerreißversuch, mit deren Einspannung, mit der Frage der Qualitätsbestimmung aus den Ergebnissen des Zerreißversuches und mit der Ausführung von Biegeversuchen mit Konstruktionstheilen.

Form des Probestabes. Um Klarheit über diese Fragen zu geben bedarf es zunächst der Darstellung der Gesichtspunkte, nach welchen die Formgebung für die Zerreißproben erfolgen muß, wenn dem heutigen Stande der Versuchstechnik Genüge geschehen soll.

Stellt man durch eine Schaulinie die durch die wachsende Belastung im Stabe erzeugte Verlängerung dar (gemessen zwischen zwei Marken d. i. für die Meßlänge l), so ergiebt sich für das hier in Frage kommende Material etwa das in Fig. 1 gezeichnete Bild. Bis zum Punkte P dehnt sich der Stab proportional der wachsenden Belastung um eine sehr kleine Größe δ_P aus, die nur mit feinen Meßapparaten oder an sehr langen Stäben gemessen werden kann (im Bilde übertrieben groß gezeichnet). Die Linie OP ist also eine Gerade. Von P (Proportionalitätsgrenze) aus geht die Linie in sanfter Krümmung weiter, weil die Dehnung schneller wächst als die Belastung, bis etwa im Punkte S mehr oder minder plötzlich ein schnelles Dehnen (Strecken oder Fließen genannt, daher S = Streck- oder Fließgrenze) eintritt, während die Last nur wenig wächst oder gar etwas abnimmt. Dann wächst die Last erst schneller, dann langsamer mit fortschreitender Dehnung des Stabes, um im Punkte B ihren höchsten Werth (Höchstlast, Bruchlast) zu erreichen. Von hier aus wird die Belastung abnehmen müssen, wenn der Stab sich mit der gleichen Schnelligkeit weiter dehnen soll, und schließlich wird er nach Erschöpfung seiner Dehnbarkeit bei Z unter einer geringeren Last zerreißen, als er sie bei B getragen hat. Die meisten Maschinen gestatten indessen die Bestimmung des Punktes Z (Zerreißlast) nicht (wenigstens nicht auf praktisch einfache Weise). Die Punkte P, S und B werden zur Charakterisirung des Materials (zur Bestimmung seiner Qualität) benutzt und durch die zugehörigen im Stabe erzeugten Spannungen ausgedrückt.

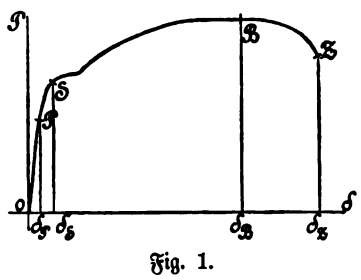


Fig. 1.

Die zugehörigen Dehnungen werden hierbei, mit Ausnahme von δ_P, die zuweilen zur Bestimmung des Elasticitätsmoduls benutzt wird, in der Regel außer Acht gelassen. Man benutzt vielmehr die Dehnung δ_Z, gemessen nach geschehenem Bruch, als Qualitätsmaß für das Material.

Während des Abschnittes BZ oder δ_B δ_Z zeigt sich die Einschnürung, deren Größe früher ebenfalls als Maßstab für die Qualität benutzt wurde.

Durch die Erfahrung steht fest, daß die Querschnittsgröße f und Querschnittsform auf die charakteristischen Spannungen σ_P, σ_S, σ_B und auf die zugehörigen Dehnungen δ_P, δ_S, δ_B keinen großen, praktisch jedenfalls nicht in Betracht kommenden Einfluß ausüben, so lange bei Flachstäben das Verhältniß Breite zu Dicke $b/d = 4$ nicht übersteigt, f etwa zwischen 100 und 1000 qmm liegt und die Länge des prismatischen (cylindrischen) Theils der Probe (die Gebrauchslänge lg) ein Vielfaches von der Wurzel aus dem Stabquerschnitt ist, $lg = n\sqrt{f}$ [1]). Dagegen ist die Dehnbarkeit δ_z (ausgedrückt in Prozenten der Meßlänge l) wegen der Wirkung der Querschnittseinschnürung durch die Größe von l sehr erheblich beeinflußt. Die Dehnbarkeit wird bei gleichem Stabquerschnitt und gleichem Material um so größer, je kleiner l ist. Dieser Einfluß ist am größten bei weichem und sehr klein bei hartem Material, weil bei letzterem der Einfluß der örtlichen Verlängerung klein wird, da dieses Material nur geringe Einschnürung zeigt.

Diese Erfahrungen haben in allen Ländern dahin geführt, einheitliche Längen für die Dehnungsmessungen beim Zerreißversuch festzusetzen, und die Meßlänge $l = 200$ mm oder nahezu 8 Zoll englisch dürfte fast allgemein anerkannt sein. Sie wurde auch von den deutschen Konferenzen zur Vereinbarung einheitlicher Verfahren zur Prüfung von Bau- und Konstruktionsmaterialien angenommen, deren Beschlüsse veröffentlicht sind [2]).

In den letzten Jahren haben Barba [3]), Bauschinger [4]) u. a. aber erwiesen, daß man die gleiche Dehnbarkeit (in % von l) findet, wenn man bei Probestäben aus gleichem Material, aber von verschiedenen Querschnittsgrößen die Meßlängen nach der obigen Formel $l = n\sqrt{f}$ bemißt und n für alle Stäbe gleich macht. Hiernach kann man also auch bei Anwendung kleinerer Meßlängen als 200 mm zu gleichem Ergebniß kommen, wenn man den Querschnitt entsprechend ändert. Als normaler Querschnitt für den Rundstab von 200 mm Meßlänge darf $f = 314$ qmm, entsprechend 20 mm Durchmesser, angesehen werden.

Nimmt man dieses Verhältniß an, so erhält man

$$l = 11{,}3\sqrt{f}$$

und es empfiehlt sich, daß auch in den Königlichen Werkstätten dieses weit verbreitete, fast internationale System als Grundlage für die Stabmessungen angenommen wird.

Nun haben aber die unvermeidlichen Einspannköpfe (wie namentlich Barba nachgewiesen) immer einen Einfluß auf die Ergebnisse des Versuches [5]), besonders dann, wenn die Stäbe verhältnißmäßig kurz gemacht werden. Sie erhöhen die Werthe für die Spannungen und vermindern die Dehnbarkeit und Querschnittszusammenziehung. Diese Wirkung ist natürlich auch bei langen Stäben vorhanden; sie äußert sich hier aber vorwiegend in den Stabenden. Deswegen sollte man niemals die Marken der Meßlänge l bis in die Nähe der Köpfe bringen, sondern stets einen allmählichen (konischen) Uebergang zum Kopf einschalten.

Diesen konischen Uebergang zum Kopf kann man allenfalls dadurch ersetzen, daß man den prismatischen (cylindrischen) Theil, d. i. die Gebrauchslänge lg, entsprechend größer macht als l [6]), indessen wächst hiermit die Gefahr, daß der Bruch außerhalb der Marken (der Meßlänge l) erfolgt und hierdurch der Versuch unbrauchbar wird.

---

[1]) Bauschinger, „Mittheilungen aus dem mech.-techn. Laborat. München" Heft 21. Ueber den Einfluß der Gestalt der Probestäbe.

[2]) „Beschlüsse der Konferenzen u. s. w." München 1887. Theodor Ackermann.

[3]) Mémoires des Ingenieurs Civils 1880.

[4]) Wie oben.

[5]) Diese Wirkung ist auch dann vorhanden, wenn der Stab ohne eigentliche Köpfe als glatter prismatischer Stab eingespannt wird, z. B. mit Beißkeilen.

[6]) Das sollte in den unter Anmerkung [5]) genannten Fällen immer geschehen.

Soll die Wirkung der Köpfe bei Probestäben von verschiedenen Querschnitten relativ gleich sein, so müssen auch die Abmessungen der Uebergänge zum Kopf proportional der $\sqrt{f}$ gemacht werden. Die Art der Einspannung, ob Gewinde, Konus, ebene Auflagefläche[1]), ist dann ziemlich gleichgültig, indessen wird sich die letztere Form wegen ihrer Einfachheit und der Sicherheit der Lagerung am meisten empfehlen.

Wollen die Königlichen Werkstätten den hier entwickelten Anschauungen Rechnung tragen, so kann die Versuchsanstalt empfehlen, sich bei Festsetzung der Stabform für den Zerreißversuch an den Normalrundstab der Versuchsanstalt anzuschließen und die Stabform proportional den Abmessungen dieses Stabes zu machen.

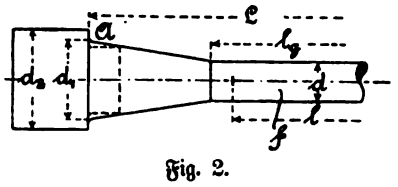


Fig. 2.

Dies geschieht, wenn man für die Abmessungen Fig. 2 folgende Bestimmungen trifft:

$$l = 11{,}3\sqrt{f};\quad l_g = 12{,}5\sqrt{f};\quad L = 20\sqrt{f};$$
$$d = 1{,}13\sqrt{f};\quad d_1 = 1{,}5\sqrt{f};\quad d_2 = 2\sqrt{f}\quad (l_t = 0{,}56\sqrt{f}).$$

Bei A wird dann zweckmäßig ein kurzes Stück cylindrisch angedreht mit einer Hohlkehle von etwa 1 bis 1,5 mm Halbmesser als Uebergang zur Kopffläche. Hierdurch wird eine sicherere Lagerung des Stabes erzielt.

Soll der Stab mit Schraubengewinde in die Einspanntheile der Maschine eingespannt werden[2]), was sich aber wegen der theureren Probenherstellung und der in der Regel unzulänglichen Genauigkeit, mit welcher die Gewinde passen, nicht besonders empfiehlt, so kann der Durchmesser d_2 dem Gewinde entsprechend abgeändert werden.

Messung der Dehnbarkeit. Nachdem der Einfluß, den die Stabform namentlich auf das Maß der Dehnbarkeit des Materials hat, besprochen wurde, ist nunmehr hervorzuheben, daß die Art, wie die Dehnung am Probestabe gemessen wird, von sehr erheblichem Einfluß auf das Ergebniß der Messung sein kann. Daher müssen in den Bedingungen ganz bestimmte Vorschriften über diese Messungen gegeben sein, wenn man nicht zu Unzuträglichkeiten und möglichenfalls zu Streitigkeiten kommen will.

Die Formänderung einer Zerreißprobe erfolgt fast ausnahmslos so, daß man für praktische Zwecke mit ausreichender Genauigkeit die Stabform nach dem Bruche als symmetrisch zu beiden Seiten des Bruches verlaufend ansehen darf[3]). Dies ist durch viele Messungen

---

[1]) Oder Beißkeil und glatter Stab, wie in Anmerkung [5]) S. 28 gedacht.

[2]) In den fraglichen Werken ist es üblich die Probestücke zum Theil an den Köpfen mit Gewinde zu versehen und mit diesem in den Einspannbacken zu befestigen.

[3]) Aus den in Fig. 3 gegebenen Schaulinien erkennt man leicht die geringere Dehnbarkeit der Stabenden; man wolle beachten, daß in den Endtheilungen, die dem Einflusse der konischen Stabtheile unterliegen, die Dehnbarkeiten sehr deutlich kleiner sind als in den benachbarten. Außerordentlich selten findet man Stäbe, bei denen die Dehnungen in den einzelnen Theilungen über eine größere Länge gleich ist. Dies ist auch aus theoretischen Gründen wegen der Wirkung der Einspannköpfe überhaupt nicht zu erwarten und selbst innerhalb der P-Grenze ist die Dehnung in den einzelnen Theilungen meßbar und gesetzmäßig verschieden.

Die Schaulinien stellen die Längenänderungen dar, die jeder einzelne Stabtheil bis zum Bruch erfährt in Prozenten von l_t, und zwar beziehen sich die ausgezogenen Linien auf ganz unbearbeitete Rundstäbe oder auf Flachstäbe, denen an den Breitseiten die Walzhaut belassen wurde; die punktirten Linien beziehen sich auf allseitig bearbeitete Stäbe. Material weiches Flußeisen.

Gruppe A: a) Rundstäbe unbearbeitet, 20 mm Durchmesser, Länge der Theilung $l_t = 10$ mm;
b) Rundstäbe bearbeitet, 13 mm Durchmesser, $l_t = 6{,}5$ mm.

festgestellt. Denkt man sich die Dehnungen der einzelnen Stabtheile in Prozenten ihrer ursprünglichen Länge aufgetragen, so bekommt man (unter Zugrundelegung eines sehr langen Stabes, bei dem also die Wirkungen der Einspannköpfe fortfallen) ein Schaubild von der

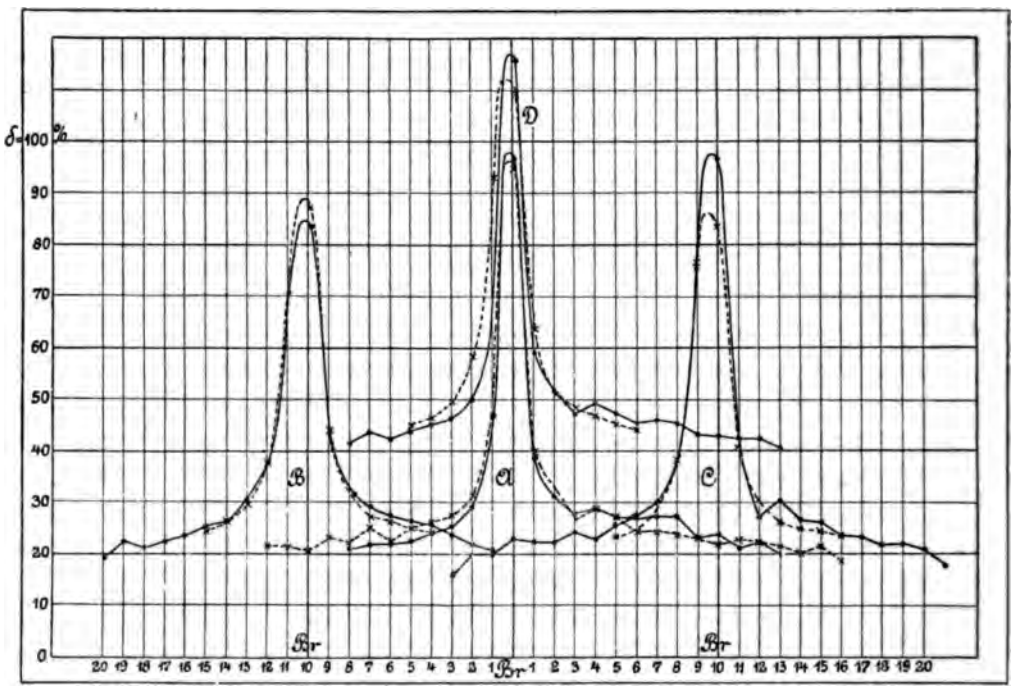


Fig. 3.

Form Fig. 4. Für die Meßlänge $l = n\sqrt{f}$ ist die Dehnbarkeit gleich der mittleren Ordinate des durch die Endmarken aa_1 oder bb_1 abgeschnittenen Flächentheils. Erfolgte der Bruch genau in der Mitte zwischen den Marken, liegen also die Marken a und a_1 gleichweit von der den Bruch andeutenden Linie BB entfernt, so ist die nach rechts schraffirte Fläche über aa_1 ein Maß für die Dehnbarkeit des Materials. Erfolgt dagegen der Bruch in der Nähe der einen Endmarke, z. B. b_1, so ist das Maß für die Dehnbarkeit durch die mittlere Ordinate des nach links schraffirten Flächentheiles über $bb_1 = aa_1 = l$ gegeben. Man erkennt ohne Weiteres, daß diese Fläche kleiner sein muß als die über aa_1, weil

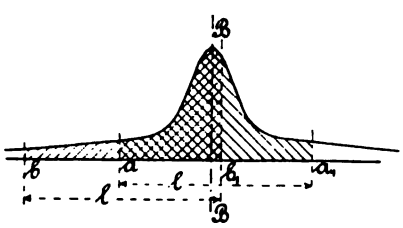


Fig. 4.

Gruppe B: a) Flachstäbe, nur an den Schmalseiten bearbeitet, 40 × 13 mm, $l_t = 10$ mm;
b) Flachstäbe, bearbeitet, 34 × 12 mm, $l_t = 8{,}5$ mm.

Gruppe C: a) Flachstäbe, nur an den Schmalseiten bearbeitet, 40 × 13 mm, $l_t = 10$ mm;
b) Flachstäbe, bearbeitet, 34 × 12 mm, $l_t = 8{,}5$ mm.

Bei den Rundstäben ist also die Theilung $l_t = 0{,}56\sqrt{f}$ und
bei den Flachstäben ist die Theilung $l_t = 0{,}43\sqrt{f}$.

Bei der in Gruppe D gegebenen Gegenüberstellung der Mittelwerthe (ohne Rücksicht auf die Stababmessungen gebildet) aus Gruppe A (Rundstäbe) und Gruppe C und D (Flachstäbe) erkennt man, daß die Formänderungen der einzelnen Stabtheile von nahezu proportionalen Abmessungen ($l_t = 0{,}56$ und $0{,}43\sqrt{f}$) sich fast decken. Die den Stabenden entsprechenden Theilungen zeigen deutlich den Einfluß der Stabköpfe.

Um die Bilder nicht zu sehr zu verwirren, sind die einzelnen Gruppen gegen einander verschoben gezeichnet.

die Fläche über ba kleiner ist als diejenige über $b_1 a_1 = ba$. Wenn man also die Dehnung nach dem Bruch, wie dies in der Praxis in der Regel üblich ist, zwischen zwei Marken von der ursprünglichen Entfernung l mißt, so muß bei ganz gleichem Material die Dehnung um so kleiner gefunden werden, je mehr der Stab außerhalb der Mitte gerissen ist, und hiermit hat die Eigenschaft der Dehnbarkeit des Materials, die doch festgestellt werden soll, gar nichts zu thun, sondern lediglich die Art der Messung. Bei weichem Material können die Fehler, die durch diese Art der Messung gemacht werden, ganz leicht 4 bis 8 Einheiten (%) der Dehnbarkeit betragen, und zwar fallen sie stets einseitig zu Ungunsten des liefernden Theiles aus.

Die Erfahrung lehrt nun, daß der besprochene Fehler wesentlich kleiner wird, wenn man bei Anwendung des praktisch üblichen Meßverfahrens zwischen zwei bestimmten Marken zur Dehnbarkeitsbestimmung nur diejenigen Versuchsstücke zuläßt, die innerhalb des mittleren Drittels der Meßlänge zu Bruche gingen. Dann wird der Fehler gegenüber dem Zustand Bruch in der Mitte fast immer kleiner als eine Einheit (%) der Dehnbarkeit sein. Dieser Erfahrung hat man neuerdings bei Aufstellung von Lieferungsvorschriften fast überall Rechnung getragen.

Die Versuchsanstalt kann aber dringend empfehlen, das noch strengere in den öffentlichen Prüfungsanstalten übliche und von den weiter oben genannten Konferenzen zur Feststellung einheitlicher Prüfungsverfahren empfohlene Meßverfahren in Anwendung zu bringen, bei dem auch dann, wenn der Bruch ganz einseitig erfolgt, die Dehnbarkeit doch fast genau gleich derjenigen gefunden wird, die man bei Bruch in der Mitte erhalten haben würde. Um diese Messungsweise anwenden zu können, muß der Stab mit einer Theilung versehen werden, deren Maß man am zweckmäßigsten und im Anschluß an den Normalrundstab der Versuchsanstalt auf

$$l_t = 0{,}56\sqrt{f}$$

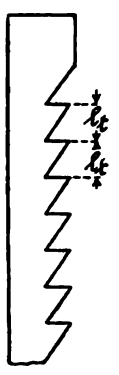


Fig. 5.

feststellen sollte. Diese Theilung läßt sich praktisch leicht mit Hülfe eines Rechens von nebenstehender Form (Fig. 5) anbringen. Der Rechen wird auf den Stab aufgelegt; mit einer messerartig geschärften Reißnadel reißt man dann kurze Theilstriche neben den senkrechten um l_t von einander abstehenden Kanten des Rechens auf den Stab. Durch die Theilstriche wird zweckmäßig ein Längsriß parallel zur Mittellinie des Stabes gezogen. Nach dem Bruch legt man nun beide Theile des Stabes aneinander und bezeichnet, wie in Fig. 6, die einzelnen Theilstriche. Die Dehnbarkeit des Materials, gemessen für die ursprüngliche Länge l von je 5 oder 10 Theilungen von der Bruchstelle, δ_5 und δ_{10}, findet man dann leicht, indem man folgenden Ansatz macht:

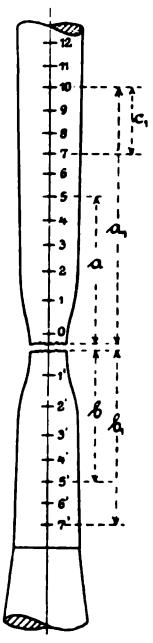


Fig. 6.

$$\delta_5 = (a + b)\,\frac{100}{2.5\,l_t} \quad \text{und}$$

$$\delta_{10} = (a_1 + b_1 + c_1)\frac{100}{2.10\,l_t},$$

indem man wegen der Symmetrie der Formänderung zur Bruchstelle den am einen Ende etwa fehlenden Theil für die Messung, z. B. 7′ bis 10′, durch die Messung $c_1 = 7$ bis 10 am andern Ende ergänzt. Diese Art der Messung ist allerdings ein wenig umständlicher als die einfache Messung zwischen zwei Marken, aber sie giebt dafür unantastbare Werthe und

macht die Ausschließung von Versuchen wegen Bruches außerhalb des mittleren Drittels unnöthig. Nach ganz kurzer Zeit gewinnt man Uebung, und dann macht das Verfahren keine besondere Schwierigkeit.

Einspannung der Stäbe. Wie schon oben angedeutet, kann die Versuchsanstalt die Einspannung mit Schraubengewinde nicht für praktisch und für ganz vollkommen halten. Das Gewinde wird nur dann mit hinreichender Genauigkeit passend zu machen sein, wenn es genau nach Originalleeren hergestellt wird. Ganz besonders müssen aber Bedenken gegen die auf der vorgelegten Leinwandpause dargestellte Einspannvorrichtung erhoben werden[1]). Es ist an sich sehr unwahrscheinlich, daß die Mittellinie des Gewindes im Einspannkopf genau durch den Kugelmittelpunkt geht. Aber selbst wenn dies der Fall ist, würden mit größter Wahrscheinlichkeit die Gewindeflächen zwischen Stab und Mutter einseitig zum Anliegen kommen, und deswegen werden nur ausnahmsweise Stabachse und die Achsen der Einspannstücke zusammenfallen. Weil dies nicht erwartet werden kann, hat man, wie es scheint, die Kugelgelenke an den Einspannköpfen angeordnet, damit nach Ueberschreiten der Streckgrenze der Stab sich in die Richtung der Kugelmittelpunkte einstellen könne. Aber die Lagerung der Kugeln ist derart, daß dies mit großer Wahrscheinlichkeit verhindert wird. Die zweitheiligen mit Keilflächen versehenen Lager können die Kugel nur dann vollkommen einschließen, wenn zufällig die Radien der beiden Schalen einander gleich und gleich dem Kugelradius sind, wenn zufällig die Mittelpunkte aller drei Kugelflächen genau zusammenfallen und wenn dann noch die Reibung auf den Keilflächen gleich groß ist, so daß kein Zwang der gleichzeitigen Verschiebung der Lagerstücke bei wachsender Spannung im Probestabe entgegenwirkt. Treffen diese Voraussetzungen nicht zu, so wird günstigsten Falles die Kugel in ihren Lagerungen schlottern, oder sie wird festgeklemmt werden. Im ersteren Falle wird sie sich immer in derjenigen Backe am meisten aufhängen, die auf ihrer Rückfläche die größte Reibung erfährt oder sich zuerst festsetzt. Hierdurch muß, ebenso wie bei der Klemmung der Kugel, ein nicht unerhebliches Biegungsmoment auf die Probe ausgeübt werden, das für weiches Material wegen dessen Nachgiebigkeit allerdings einen kleineren Einfluß ausüben wird als bei härterem. Diese Möglichkeit sollte Veranlassung sein, diese Einspannvorrichtung nur für den Nothfall da, wo es sich um sehr kurze Stäbe handelt, zu benutzen.

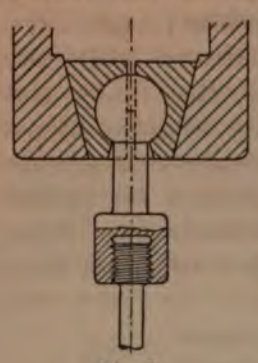


Fig. 7.

Da sich auch gegen die zweite der in Zeichnung vorgelegten Kugeleinspannungen einige Einwände erheben lassen, so ist es vielleicht angezeigt, hier die Gesichtspunkte zu erörtern, nach denen Kugellagerungen für Zerreißversuche konstruirt sein sollten.

Das Kugellager hat zwei Aufgaben zu erfüllen. Erstens soll es etwaige Ungenauigkeiten in der Bearbeitung des Kopfes am Probestab ausgleichen und zweitens soll es den etwa beweglichen Theilen der Einspannvorrichtungen der Maschinen gestatten, sich in die Zugrichtung thunlichst so einzustellen, daß kein biegendes Moment auf den Stab ausgeübt wird. Letztere Bedingung ist übrigens wegen der Reibung in den Kugelflächen überhaupt nicht vollkommen zu erfüllen, und es dürfte daher nicht unzweckmäßig sein, von der Einschaltung von beweglichen Gliedern so viel wie möglich Abstand zu nehmen und die Angriffstheile der Kraftmeßvorrichtung gegen Seitenbewegungen ganz zu sichern. Die beweglichen Glieder bringen häufig mehr Unsicherheit als Nutzen.

[1]) Die Einspannvorrichtung ist nach dem in Fig. 7 gegebenen Schema konstruirt.

Die Berührung zwischen Vollkugel- und Hohlkugelflächen darf nicht derart sein, daß die eine oder die andere an zwei getrennten, womöglich gegen einander beweglichen Körpern gebildet ist; der Kugelkörper und die Kugelschale müssen vielmehr jede für sich ein Ganzes bilden. Beide Theile müssen derart geformt sein, daß mit Sicherheit darauf gerechnet werden kann, daß die Kugelflächen als solche vollkommen sind und daß sie zusammenpassend geschliffen oder geschabt werden können. Die Kugellagerung darf auf den Probestab keinen andern Zwang ausüben als denjenigen, der durch die Reibung in den Kugelflächen bedingt ist; sie muß daher so konstruirt sein, daß bei allen vorkommenden Verschiebungen der beiden Flächen gegen einander, die Mittelachse des Stabes durch den Kugelmittelpunkt geht. Bei den Kugellagern, wie sie in der Versuchsanstalt gebräuchlich sind, sind diese Bedingungen gewahrt, wie aus der nachstehenden Fig. 8 zu ersehen ist. Die Befestigung der Kugel am Stab geschieht durch den getheilten Einlegering a. Je näher die eigentliche Auflagefläche b des Stabkopfes dem Kugelmittelpunkt liegt, desto größer kann die Verschiebung der Kugel in ihrer Hohlfläche sein, bevor die Stabmittellinie um ein bestimmtes (aber immer noch kleines) Maß aus dem Kugelmittelpunkt herausrückt; ein desto größeres Maß von Ungenauigkeit des Kopfes vermag

Fig. 8.

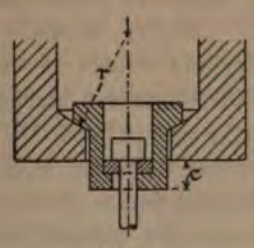


Fig. 9.

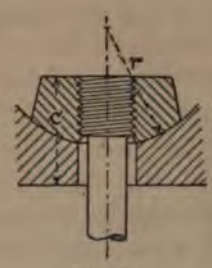


Fig. 10.

die Kugel auszugleichen. Bei dem in Fig. 9 gezeichneten Kugellager liegt die Angriffsfläche des Stabes ziemlich tief unter dem Kugelmittelpunkt und die Vollkugelfläche ist schwer genau herzustellen. Diese Einrichtung hat aber den praktischen Vortheil, daß der Stab eine größere freie Länge für die Messung während des Versuches darbietet. Um diese bei der oben skizzirten Einrichtung so groß wie möglich zu machen, muß das Maß c möglichst klein gehalten oder der Stabkopf, wie in Fig. 10 gezeichnet, unmittelbar mit dem Kugellager verschraubt werden (was aber nur ausnahmsweise geschehen sollte).

Qualitätsbestimmung. Für die Qualitätsbestimmung des Materials aus den Ergebnissen des Zerreißversuches werden für praktische Untersuchungen zur Zeit die Spannungen an der Elasticitäts-, an der Streck- und Bruchgrenze die Dehnbarkeit und die Querschnittsverminderung benutzt. In der Regel begnügt man sich mit der Feststellung der Bruchspannung und der Dehnbarkeit des Materials. Der Querschnittsverminderung wurde bis vor wenigen Jahren ebenfalls eine größere Bedeutung beigemessen. Man glaubte damals, ohne daß hierfür ein umfangreicher zahlenmäßiger Beweis geliefert worden wäre, daß man auf Grund allgemeiner Erfahrungen und Ueberlegungen die Summe von Bruchfestigkeit in kg/qcm und der Querschnittsverminderung in % als allgemeinen Gütemaßstab für Konstruktionsmaterialien annehmen dürfe. Die mehrjährige Erfahrung und sehr umfangreiche Versuche[1]) haben aber

[1]) Ergänzungsheft II, 1890 der „Mittheilungen aus den Königlichen technischen Versuchsanstalten".

gelehrt, daß die Querschnittsverminderung an sich ein unsichererer Gütemaßstab für das Material ist als die Dehnbarkeit, und nach einigem Widerstande wurde daher die vorgenannte Qualitätszahl von dem Urheber wie von den meisten Seiten aufgegeben.

Es giebt nun noch ziemlich zahlreiche Vertreter für eine andere Qualitätszahl, die aus Bruchfestigkeit mal Dehnung gebildet wird, bei der also gewissermaßen die Arbeit gemessen wird, die von dem Material der Formänderung entgegengesetzt wird. Diese Form der Qualitätszahl hat einen gewissen Schein von Wissenschaftlichkeit für sich, aber praktisch hat sie an sich keine Bedeutung, weil sie allein nicht imstande ist, über das Material irgend etwas auszusagen, denn die gleiche Qualitätszahl kann entstanden sein aus kleiner Festigkeit mal großer Dehnung, oder aus großer Festigkeit mal kleiner Dehnung; sie bemißt also zwei völlig verschiedene Materiale mit gleichem Werth. Zur Erkenntniß des praktischen Werthes eines Materials ist sie nur dann brauchbar, wenn man mindestens einen ihrer beiden Faktoren kennt, und da es unzweifelhaft einfacher und bei weitem übersichtlicher ist, die beiden ohnehin zu messenden Faktoren direkt neben einander zu stellen, so liegt eigentlich kein Grund vor, auch noch das Multiplikationsexempel auszuführen.

Einen scheinbaren praktischen Nutzen macht man allerdings vielfach geltend, um die Qualitätszahlen einzubürgern, nämlich den des vermeintlichen gerechten Ausgleiches, wie das ja auch in den zur Beurtheilung vorgelegten Vorschlägen zum Ausdruck gebracht worden ist.

Fig. 11.

Stellen in Fig. 11 1 bis 9 Linien gleicher Häufigkeit vor, mit welcher es den Hüttenwerken gelingt, z. B. unter 1000 Fällen eine beabsichtigte mittlere Festigkeit und Dehnbarkeit (etwa den Punkt M) zu erreichen, so wird der Verbraucher, der aus Erfahrung weiß, daß zu wenig festes und zu weiches Material seinem Zwecke nicht entspricht, die Linien δ_u und σ_u (die unteren Grenzen, die der Lieferungsvertrag noch zuläßt) so weit gegen den Berg (Punkt M) vorrücken, bis seinen technischen Ansprüchen Genüge geschehen ist und als er, ohne den Preis des Materials übermäßig in die Höhe zu treiben, erreichen kann, denn der ausfallende Theil des erzeugten Materials muß natürlich im Preise der brauchbaren Waare bezahlt werden. Durch die Einführung der Qualitätszahl (Linie Q) erreicht man nun gar nichts weiter als eine etwas andere Anordnung der gegebenen Grenzen. Man kann auch die neue Grenze in der That kaum weiter hinausschieben, als bereits für die Grenzen σ_u und δ_u erreicht werden kann. Die den Hüttenwerken scheinbar gewährten Erleichterungen fallen in der Regel nicht ins Gewicht, weil der ihnen gebotene Gewinn (einfach schraffirte Flächen) meistens durch den Ausfall (doppelt schraffirte Fläche) gedeckt wird, der dadurch entsteht, daß man die Qualitätszahl höher einzusetzen pflegt, als dem Produkt $Q = \sigma_u \cdot \delta_u$ entspricht[1]). Die Gerechtigkeit aber

[1]) Ich möchte diesen Punkt hier doch etwas mehr erläutern als es im Gutachten geschehen ist.

Was über die Qualitätszahl $\sigma_B \cdot \delta_{10}$ gesagt ist, gilt auch von der Qualitätszahl $\sigma_B + \eta$. Beide Zahlen sind an sich ungeeignet, die Qualität eines Materiales anzuzeigen, denn gleiche Zahlen werden erhalten, wenn σ_B von einem kleinen Werth bis zu einem großen wächst, wenn nur δ_{10} oder η entsprechende Aenderung erfährt. Beide erhalten die Eigenschaft als Maßstab für die Qualität des Materiales nutzbar zu werden, d. h. bei gleicher absoluter Größe nahezu gleiche technische Brauchbarkeit eines Materiales als Konstruktionsmaterial anzuzeigen, erst dann, wenn man noch wesentliche Einschränkungen macht; wenn man nämlich die unteren Grenzen σ_u und δ_u als fernere Grenzen in die Bedingungen aufnimmt. — Zu Fig. 11 ist noch zu bemerken, daß übrigens in der Regel

ist und bleibt ganz die gleiche, ob man die eine oder die andere Grenze einführt, wenn diese nur nach gewissenhafter Erwägung der technischen Nothwendigkeit und der beiderseitigen Interessen des Verbrauchers und des Erzeugers von Material festgesetzt ist. Selbst der Grund kann nicht ins Feld geführt werden, daß die Feststellung von σ und δ mit unvermeidlichen Fehlern behaftet ist, die vielleicht eine ganz merkliche Unsicherheit erzeugen könnten, denn diese Unsicherheit der Bestimmungen fällt dem einen Theil so oft wie dem andern zu Ungunsten, wenn nicht etwa, wie dies bei unrichtigen Maschinen[1]) oder bei der Dehnungsmessung in der früher besprochenen Weise eintreten kann, methodische Fehler gemacht werden.

Die Fehler der Ergebnisse verbieten es aber durchaus, daß man den Zahlen werthlose Dezimalen anhängt, die nicht der Genauigkeit der Beobachtung entsprechen, sondern allein durch Rechnung entstanden sind. An keiner Prüfungsstelle dürfte die Bruchspannung auf mehr als 0,1 kg/qmm, die Dehnung auf mehr als 0,1 % genau bestimmt werden. Diese Dezimalen sind vielmehr in weitaus den meisten Fällen unsicher. Daher sind Rechnungen, wie sie in dem vorgelegten Bericht angeführt wurden, an sich bedeutungslos.

Mit Rücksicht auf das Voraufgehende kann die Versuchsanstalt empfehlen, von der Feststellung einer Qualitätszahl abzusehen und nur bestimmte Grenzen für Zugfestigkeit und Dehnbarkeit, letztere gemessen in Prozenten von $l = 11{,}3\sqrt{f}$ d. i. an je 10 Theilungen vom Bruch vorzuschreiben.

Ob die Bestimmung der Proportionalitäts- oder der Streckgrenze nothwendig oder zweckmäßig ist, bedarf gesonderter Ueberlegung. Bei gewalzten Materialien scheint im allgemeinen zwischen jeder der beiden Grenzen und der Bruchgrenze ein gewisses Verhältniß zu bestehen, das für Material gleicher Herkunft und gleicher Art nur zwischen engen Grenzen schwankt. Bei geschmiedeten Stücken spielt allerdings die Art der Erhitzung, die Hitze beim Schmieden und die Art der Abkühlung eine große Rolle, so daß man bei diesen Stücken zur Zeit keine feste Erfahrung über die genannten Verhältnisse hat. Indessen darf angenommen werden, daß bei Massenfabrikation, z. B. von Achsen und anderen Stücken, man auch hier bald Erfahrungszahlen erwerben wird. Es wird somit nicht ohne Werth sein, wenn man sich diese Erfahrung durch Feststellung der Verhältnisse $\frac{\sigma_P}{\sigma_B}$ und $\frac{\sigma_S}{\sigma_B}$ zu verschaffen sucht. Hierbei wird man aber zunächst wohl Abstand nehmen müssen von der regelmäßigen Feststellung der Proportionalitätsgrenze, weil diese schwierig und zeitraubend ist. Es dürfte wohl genügen, wenn nur in einzelnen Fällen auch dieser Punkt ermittelt wird. Die Streckgrenze läßt sich aber leicht mit einiger Sicherheit ermitteln und zwar in einer Weise, die auch dann den Versuch nicht wesentlich verlängert, wenn die Maschine nicht für Selbstaufzeichnung von Schaulinien eingerichtet ist. Die Streckgrenze sollte man daher womöglich jedesmal ermitteln und sollte

---

den Hüttenwerken noch gar nicht einmal der ganze durch die schraffirten Flächen angedeutete Gewinn an Stelle des doppelt schraffirten Ausfalles zugestanden wird. Meistens setzt man die unteren Grenzen σ_u oder δ_u ein klein wenig herab und verlangt dann, daß diese und die Qualitätszahl inne gehalten werden soll, also was Fig. 12 andeutet.

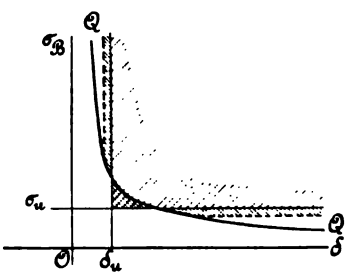


Fig. 12.

[1]) Unrichtige Maschinen sind aber in der Praxis sehr viel mehr verbreitet, als man im allgemeinen zu glauben und zu wissen pflegt. Die einfache Ausmessung der Hebellängen, ja oft auch das Auswiegen mit der Kontrollwage, genügt bei weitem nicht, um die Fehler der Maschinen mit Sicherheit klarzulegen.

dann nach hinlänglicher Erfahrung ein gewisses unteres Maß hierfür in die Lieferungsvorschriften einführen. Es kann aber auf der andern Seite nicht dringend genug zur Vorsicht in dieser Beziehung gerathen werden. Denn wenn die Streckgrenze sehr niedrig liegt, wie es z. B. durch Ausglühen erzielt werden kann, so werden die Konstruktionstheile gegen Formänderungen, namentlich gegen Formänderung durch Stöße einen geringeren Widerstand bekommen, als man ihnen durch ein gewisses Maß von Ueberschmieden im weniger warmen Zustande oder durch einen der sogenannten Vergütungsprozesse, z. B. durch Abschrecken in Oel, verleihen kann. Legt man das Maß für die Streckgrenze zu hoch, oder läßt man eine zu hoch liegende Streckgrenze zu, so wird unter Umständen das Material unnöthig spröde und wenig widerstandsfähig gegen Stöße gemacht. Einen sicheren Anhalt kann hier nur die Erfahrung und am besten die durch Prüfung von gut bewährtem, aber sonst aus irgend welchem Grunde unbrauchbar gewordenem Material geben.

Biegungsversuche. Die Biegungsversuche mit ganzen Stücken dürften in erster Linie vorgesehen sein, um sich die Ueberzeugung zu verschaffen, daß nicht in der Lieferung solche Stücke vorhanden sind, die etwa durch Ausglühen oder aus anderen Ursachen zu weich sind. Die Probe dürfte aber nicht geeignet sein, zu spröde Konstruktionstheile auszuschließen. Durch den Zerreißversuch wird im allgemeinen der Charakter des Materials besser erkannt werden als durch den Biegeversuch, namentlich wenn er nur eben bis zur Ueberschreitung der Elasticitätsgrenze fortgeführt wird. Unter diesen Umständen ist es nicht nothwendig, daß sich selbst einigermaßen erhebliche innere Fehlstellen bemerkbar machen. Die Probe ist also eigentlich auch als Stückprobe nicht von sehr großer Bedeutung, und man darf wohl die Frage aufwerfen, ob es nicht zweckmäßig sein würde, die Biegeprobe auf diejenigen Stücke zu beschränken, die ohnehin für die Zerreißproben zerschnitten werden. Die Zerreißproben würden sich bei geeigneter Anordnung für die Entnahme der Proben aus den dem Biegeversuch unterworfenen Stücken entnehmen lassen, ohne eine Beeinflussung durch den voraufgehenden Versuch befürchten zu müssen.

Wenn man an Stelle des Biegeversuches irgend eine Fallprobe auf Biegung einführen würde derart, daß jedes Stück geprüft wird, so dürfte sich neben der Möglichkeit der schnelleren Versuchsausführung sowohl der Ausschluß der zu weichen als auch der zu harten Stücke bewerkstelligen lassen. Jedenfalls dürfte diese Art der Erprobung mehr der Art der Anforderungen entsprechen, die man an die Konstruktionstheile im Betriebe stellt. Die Versuchsanstalt will hiermit auf diesen Punkt aufmerksam gemacht haben.

Für die Redaktion verantwortlich: A. Martens. — Verlag von Julius Springer in Berlin.

Druck von E. Buchbinder in [illegible].

Mittheilungen
aus den
Königlichen technischen Versuchsanstalten
zu Berlin.

Herausgegeben im Auftrage
der Königlichen Aufsichts-Kommission.

XI. Jahrgang. 1893. Zweites Heft.

1. Ueber die Flammpunktsbestimmungen von Schmierölen.

Auszug aus einem Gutachten der Königl. mechanisch-technischen Versuchsanstalt.

Vom Vorsteher, Professor A. Martens.

Zwischen einer Königlichen Eisenbahn-Direktion und dem Lieferanten von Schmierölen waren Differenzen über die Bestimmung des Flammpunktes der Oele entstanden. Proben der Oele sollten wiederholt von der Lieferung auf Antrag des Lieferanten in der Versuchsanstalt geprüft, einen höher als 160° liegenden, bei der Untersuchung durch die Direktion aber einen geringeren Flammpunkt ergeben haben. Die Differenzen waren sehr beträchtlich.

Die Direktion ersuchte um die Aufklärung der Ursachen und entsendete den Vorsteher der Prüfungsstelle, bei welcher die Prüfung der Lieferung erfolgt war, zur mündlichen Verhandlung nach Charlottenburg. Auf Grund dieser Verhandlungen und zweier ebenfalls vorgelegter schriftlicher Berichte wurde von der Versuchsanstalt ein eingehender Bericht erstattet, von dem im Nachstehenden die wesentlichen Punkte wiedergegeben sind, da sie für weitere Kreise von Interesse sein werden. Der Bericht lautet etwa:

1. Die Versuchsanstalt wendet bei ihren Versuchen zur Flammpunktsbestimmung von Schmierölen, die als Angebots- oder Lieferungsproben für Eisenbahnzwecke vorgelegt werden, den durch die „Besonderen Bedingungen für die Lieferung von Mineralschmieröl" vorgeschriebenen Apparat und die vorgeschriebene Versuchsausführung an, wenn nicht der Antragsteller ausdrücklich anders bestimmt [1]).

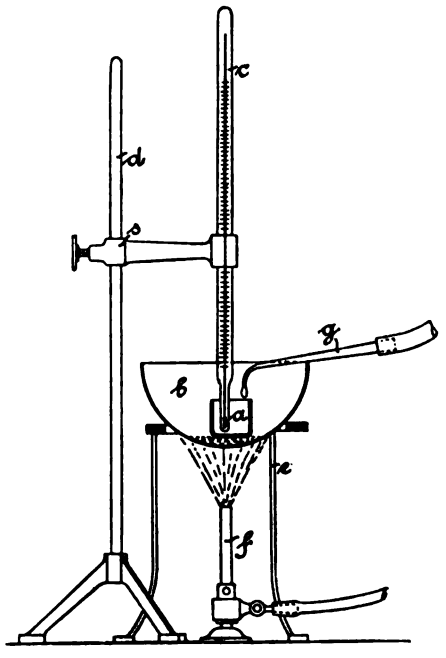


Fig. 1.

[1]) Die „Besonderen Bedingungen" lauten:

Vorrichtung zur Ermittelung des Entflammungspunktes.

Es ist: (Fig. 1.)

a) ein zylindrischer glasirter Porzellantiegel von 4 cm Höhe und 4 cm lichtem Durchmesser zur Aufnahme des zu untersuchenden Oeles;

b) eine halbkugelförmige Blechschale von 18 cm Durchmesser, 1,5 cm hoch mit feinem Sand gefüllt;

Nach dem Ausfall der mündlichen Verhandlungen mit dem Vorsteher der chemischen Prüfungsstelle hat sich allerdings ergeben, daß in der Auslegung der Vorschriften für das Prüfungsverfahren zwischen der Versuchsanstalt und jener Prüfungsstelle Verschiedenheiten von grundsätzlicher Bedeutung bestehen. Es erweist sich als nothwendig, daß über diese Verschiedenheiten Klarheit geschaffen wird und die aus der Vorschrift für die Versuchsausführung sich ergebenden Zweifel beseitigt werden, wenn man nicht, was jedenfalls am meisten zu empfehlen sein würde, das thatsächlich unvollkommenere Verfahren der Prüfung im offenen Tiegel zu Gunsten der Prüfung im geschlossenen Apparat aufgeben will.

Die Unterschiede in der Auffassung bestehen darin, daß die Versuchsanstalt die 1,0 cm lange Löthrohrflamme in horizontaler Lage der Flamme langsam über den Tiegel in horizontaler Richtung hin und her führt, ohne daß die Flamme den Rand des Tiegels berührt (Fig. 2), während die Prüfungsstelle die 1,0 cm lange Flamme in senkrechter Lage in horizontaler Richtung über die Oelfläche führt, ohne daß die Flamme diese Fläche oder den Rand des Tiegels berührt (Fig. 3).

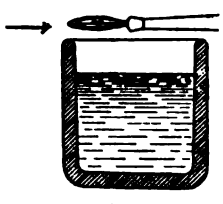


Fig. 2.

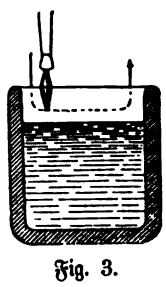


Fig. 3.

Beide Auffassungen finden in dem Wortlaut der Vorschriften ihre Stütze; sie müssen aber zu ganz verschiedenen Ergebnissen führen.

Beim Verfahren der Versuchsanstalt befindet sich die Flamme mindestens 1,2 cm über der Oeloberfläche; beim Verfahren der Prüfungsstelle ist die Spitze der Flamme vielleicht nur 0,2 bis 0,3 cm von dieser Fläche entfernt. Bei dem ersten Verfahren können die sich entwickelnden Dämpfe die Flamme bestreichen, beim zweiten taucht sie in das sich bildende explosible Gemisch von Oeldampf und Luft ein. Beim ersten Verfahren muß der Flammpunkt höher gefunden werden als beim zweiten. Dies wird durch die später mitzutheilenden Versuchsergebnisse belegt und ist aus älteren Arbeiten Englers[1]) längst bekannt.

Bei Beibehaltung des jetzigen Verfahrens wird also entschieden werden müssen, ob die Auffassung der Versuchsanstalt oder die der Prüfungsstelle in Zukunft gelten soll.

---

c) ein Thermometer für Wärmegrade zwischen 100 und 200° C.;
d) ein Ständer mit Schraubzwinge zum Halten des Thermometers;
e) ein Dreifuß zum Aufsetzen des Sandbades;
f) ein Bunsenscher Brenner mit Zündflamme, Hahn und Gummischlauch;
g) ein Zündrohr mit Gummischlauch.

Der Porzellantiegel wird bis auf 1 cm vom Rande mit Oel gefüllt und auf den Sand gesetzt, nicht in diesen eingehüllt. Das Thermometer ist so einzuspannen, daß die Quecksilberbirne vollständig vom Oel umspült wird. Die Blechschale schützt die Oeloberfläche während der Prüfung vor nachtheiligen Luftströmungen.

Die Erhitzung ist von 100° C. ab langsam zu bewirken, so daß keine theilweise Ueberhitzung eintreten kann. Hat das Oel den Wärmegrad, bei welchem dasselbe geprüft werden soll, erreicht, so führt man die auf 10 mm Länge eingestellte Flamme des Rohres g, indem man dieses auf dem Rande der Blechschale gleiten läßt, langsam und gleichmäßig in horizontaler Richtung über den Tiegel a einmal hin und her, so daß die Flamme sich jedesmal 4 Sekunden über dem Tiegel befindet und von den etwa sich entwickelnden Dämpfen bestrichen wird, ohne daß die Flamme das zu prüfende Oel oder den Rand des Tiegels berührt. Es wird mit dieser Prüfung angefangen, sobald das Oel sich bis auf 120° erwärmt hat, und bis zu 145° von 5° zu 5°, von 145° an aufwärts von Grad zu Grad wiederholt. Die Erwärmung soll so lange fortgesetzt werden, bis bei Annäherung des Flämmchens ein vorübergehendes Aufflammen über dem Oelniveau oder eine durch schwache Detonation wahrnehmbare Explosion eintritt.

[1]) Zeitschrift f. an. Chem. 1881. XX. S. 1.

Für die erstere Auffassung spricht, daß die Flammenführung einfacher und sicherer ist und selbst bei zuckender Flamme die Berührung der Oeloberfläche und der Tiegelränder ausgeschlossen ist, während beim zweiten Verfahren die Flamme innerhalb des Tiegels, ohne dessen Rand zu berühren, der Oelfläche genähert, über diese horizontal fortgeführt und dann wieder ohne Berührung des Randes gehoben werden muß, so daß die Flammenspitze den in Fig. 3 durch Pfeil bezeichneten Weg durchläuft. Hierbei kann eine gelegentliche Berührung der Oeloberfläche mit der Flammenspitze kaum vermieden werden. Bei Zuckungen der Flamme wird sie ziemlich sicher eintreten.

Die Prüfungsstelle hat bei zwei Versuchen, bei denen die Zündflamme das Oel oder den Tiegelrand berührte, den Flammpunkt um 3 C° höher gefunden als bei sonst gleich ausgeführten Versuchen ohne eine solche Berührung. Es dürfte nicht angängig sein, aus zwei so wenig unterschiedenen Versuchsergebnissen die allgemeine Schlußfolgerung zu ziehen, daß bei Berührung der Oberfläche des Oeles mit der Zündflamme der Flammpunkt höher gefunden werden muß als bei vorsichtiger Annäherung, zumal die Wahrscheinlichkeit nahe liegt, daß die mehrere hundert Grad heiße Zündflamme bei Berührung mit der bereits nahe bis zum Flammpunkt erhitzten Oelfläche schnelles örtliches Verdampfen des Oeles hervorruft und hierdurch den Flammpunkt zu niedrig erscheinen läßt. Außerdem kann das Lecken der Flamme an der Oeloberfläche, das bei etwaiger Berührung der letzteren eintritt, leicht zur Täuschung führen, da hierdurch ein Aufleuchten und Zucken entsteht, das von minder geübten Beobachtern bei den an sich schon unsicher zu beurtheilenden Entflammungserscheinungen leicht irrthümlich ausgelegt wird.

2. Die erste Frage der Königlichen Eisenbahn-Direktion, ob auch in der Versuchsanstalt Unterschiede bei der wiederholten Bestimmung des Flammpunktes beobachtet worden sind, kann nur an der Hand einer eingehenden Darlegung nutzbringend beantwortet werden, wobei auch zugleich auf den Inhalt der beiden in Abschrift mitgetheilten Berichte einzugehen sein wird.

Zunächst sind die Fehlerquellen des Versuches zu erörtern, soweit sie nicht in den oben bereits besprochenen grundsätzlichen Verschiedenheiten der Versuchsausführung beruhen.

a) Die Vorschrift sagt, daß die Blechschale die Oeloberfläche vor nachtheiligen Luftströmungen schützt. Diese positive Ausdrucksweise erweckt falsche Vorstellungen. Man kann sich an den über den Innenrand der Schale kräuselnden Dämpfen leicht überzeugen, daß dies nicht der Fall ist und daß das Spiel des Luftzuges, wie er selbst bei sonst ruhiger Luft durch die Wirkung des heizenden Brenners unerläßlich erzeugt werden muß, ein durchaus unregelmäßiges ist. Auch unter den günstigsten Versuchsumständen kann bei den Wiederholungen des Versuches bei den fraglichen Wärmegraden nur angenähert das zum Verpuffen nothwendige Mischungsverhältniß von Oeldampf und Luft erzeugt werden.

b) Die Vorschrift will eine andere Fehlerquelle vermeiden, indem sie sagt: „Die Erhitzung ist von 100 C° ab langsam zu bewirken, sodaß keine theilweise Ueberhitzung eintreten kann.“ Es fehlt das Maß für die Langsamkeit der Erhitzung; dessen Annahme ist dem Gutdünken des Beobachters überlassen. Das langsame Erwärmen soll eine theilweise Ueberhitzung vermeiden. Einzelne Theile des Oelkörpers im Tiegel müssen aber stets wärmer sein als andere, weil das Oel bei seiner schlechten Wärmeleitungsfähigkeit die Wärme, die ihm von außen durch die Flamme unter Vermittelung von Blechgefäß, Sand und Tiegel zugeführt wird, nicht durch Leitung, sondern durch Strömung und fortwährende Mischung auf seine ganze Masse vertheilen kann (wie dies ja auch schon beim Wasser beobachtet werden

kann). Früher hüllte man den Tiegel in Sand ein, und an den am meisten erwärmten Stellen der Tiegelwand stieg der Strom auf, während er an den kälteren fiel. Die Thermometerkugel befand sich aber in demjenigen Theil, der sicher am spätesten zur Mischung kam. Konnte die Masse entzündliche Dämpfe abgeben, so bildete sich das verpuffbare Gemisch durch Abgabe von Dämpfen aus dem aufsteigenden Strom am Tiegelrande. Die Thermometerangaben konnten weit unter dem Wärmegrad liegen, den die die Dämpfe entwickelnde Oelschicht hatte. Man glaubt nun die Sache durch die neue Anordnung wesentlich verbessert zu haben. Das kann nicht der Fall sein, weil man die Fehlerquelle in ihrer Wurzel nicht unschädlich macht. Auch bei der jetzigen Methode kann die Wärmevertheilung im Oelbade im Wesentlichen nur durch Strömung, nicht aber durch Leitung vor sich gehen. Der Unterschied ist nur, daß jetzt, weil im Wesentlichen der Boden des Gefäßes die Wärmezufuhr übermittelt, die Strömungen nicht immer den Wänden folgen werden, sondern eben so gut von einer Stelle frei aufsteigen können. In der Regel dürften sie dem Thermometer folgen, indem sie an diesem auf- oder niedergehen. Das Thermometer wird also sehr wahrscheinlich auch bei dieser Anordnung den wahren Flammpunkt nicht angeben, vielmehr die Wärme des Bades zu gering geben, wenn der abfallende Strom an ihm gleitet. Die wahre Angabe wird es dagegen angenähert liefern, wenn die Kugel im aufsteigenden Strome sich befindet. Wie groß die Wirkung dieser Fehlerquelle ist, wird sich nur schwer durch den Versuch ermitteln lassen. Vermieden kann sie werden, indem man ein Rührwerk anwendet und gleichmäßige Mischung der verschieden warmen Oelmassen erzeugt.

Geschieht diese Mischung durch Rühren im geschlossenen Tiegel, so können auch die erstgenannten Fehlerquellen vermieden werden, und diese Ueberlegungen sind es, die die Erprobung des abgeänderten Penskyschen Apparates[1]) veranlaßten, der dann von der Versuchsanstalt wegen seiner erwiesenen größeren Sicherheit vor dem jetzigen Apparat mit offenem Tiegel empfohlen wurde. (Vergl. Gutachten an die Königliche Eisenbahn-Direktion Berlin vom 28. Oktober 1889 J.-Nr. 2001; „Mittheilungen aus den technischen Versuchsanstalten“ 1889 S. 155 und 1890 S. 74.)

c) Der Vorsteher der Prüfungsstelle sprach bei seiner Anwesenheit die Vermuthung aus, daß auch die Ausführung der Versuche unter dem Digestorium, wie sie in der Versuchsanstalt ausgeführt werden, von Einfluß auf den gefundenen Flammpunkt sein müsse, da in dem Digestorium ein beständiger Luftzug erzeugt wird, um etwa sich entwickelnde, übelriechende oder giftige Dämpfe vom Laboratoriumsraum fern zu halten. Versuche, die sofort in seiner Gegenwart vorgenommen wurden, schienen allerdings diese Vermuthung zu bestätigen. Denn man fand folgende Flammpunkte:

Beobachter	Verfahren			
	der Versuchsanstalt		der Prüfungsanstalt	
	im Digestorium	frei auf dem Tisch	im Digestorium	frei auf dem Tisch
Dr. R.	178°	176°	—	—
Dr. B.	—	—	174°	171°

Um [illegible] ermitteln, ob diese Zahlen zuverlässig den Einfluß der Zugluft im Digestorium [illegible] Ueberblick über die Größe dieses etwaigen Einflusses zu gewinnen,

wurde eine Reihe weiterer Versuche ausgeführt, deren Ergebnisse in Tab. 1 (Seite 42/43) zusammengestellt sind.

Aus den hierbei gewonnenen Zahlen geht hervor, daß der Einfluß der Zugluft, wenn überhaupt vorhanden, jedenfalls nicht ausgesprochen hervortritt, denn eben so häufig wie die Flammpunkte auf dem Tisch niedriger gefunden wurden als im Digestorium, tritt auch der umgekehrte Fall ein, und zwar ist das sowohl bei den Versuchen nach dem Verfahren der Anstalt als auch bei denjenigen nach dem Verfahren der Prüfungsstelle der Fall.

d) In dem Berichte II sind mehrere Fehlerquellen genannt, die aus der subjektiven Befähigung des Beobachters sich ergeben: Der Grad der Uebung, die Schärfe des Auges und in Verbindung hiermit die Belichtung des Raumes, zu denen sich noch die die Beobachtung der Verpuffung störenden Nebengeräusche gesellen. Alle diese Punkte können die Flammpunktsbestimmung beeinflussen. Sie sind in ihrer schädlichen Wirkung wesentlich gemildert beim veränderten Penskyschen Apparat.

In dem Bericht II, sowie in demjenigen der chemischen Prüfungsstelle wird die Behauptung aufgestellt, daß die Unterschiede, die ein geübter Beobachter bei wiederholter Flammpunktsbestimmung des gleichen Oeles bei sorgfältiger Versuchsausführung erhält, nicht größer als 1 oder 2 C° seien. Die Versuchsanstalt muß für ihre Beobachter, die sich Jahr aus Jahr ein mit Schmierölunterſuchungen beschäftigen, völlige Vertrautheit und Geübtheit mit den einschlägigen Arbeiten in Anspruch nehmen. Die hier gefundenen Unterschiede bei wiederholten Flammpunktsbestimmungen sind aber schon bei dem geschlossenen Apparat von Pensky größer als oben angegeben und bei den Bestimmungen im offenen Tiegel immer größer gefunden worden, als oben bemerkt. Veröffentlichungen hierüber finden sich in den „Mittheilungen“ 1889 S. 64 und 1890 S. 74.

Diese größeren Unterschiede können in der Verschiedenheit des Zündverfahrens begründet sein, und es ist nicht ausgeschlossen, daß das Zündverfahren mittelst eintauchender Flamme etwas bessere Uebereinstimmung giebt, indessen beweist ein Blick auf Tab. 1, daß größere Unterschiede auch bei eintauchender Zündflamme nicht ausgeschlossen sind. Jedenfalls ist bis auf weitere Prüfung der Frage nach den hiesigen Erfahrungen zu bezweifeln, daß die Fehlergrenzen der Flammpunktsbestimmungen im offenen Tiegel $\pm$ 2 C° nicht überschreiten.

Auch die Behauptung im Berichte II, daß Oele, deren Flammpunkt zwischen 150 und 160 C° liegt, einen Zünd- oder Brennpunkt haben, der 12—15 C° höher liegt als der Flammpunkt, kann wohl nur mit Vorsicht hingenommen werden; allgemeine Gültigkeit wird sie schwerlich haben.

e) In welchem Maße langsames oder schnelles Erhitzen von Einfluß auf die Flammpunktsbestimmung ist, hat die Versuchsanstalt in ihren Veröffentlichungen mehrfach besprochen; einen weiteren Beleg findet man hiefür außer in dem Berichte der Prüfungsstelle auch in Tab. 1. Zu bemerken ist an dieser Stelle, daß sich aus dieser Erfahrung die Nothwendigkeit ergiebt, daß für die Geschwindigkeit, mit welcher die Erhitzung vorgenommen werden soll, jedenfalls ein bestimmtes Maß vorgeschrieben werden muß, wenn die Bestimmung im offenen Tiegel vorgenommen werden soll. Der Wortlaut der Bedingung 2, wie er im Bericht I vorgeschlagen wird, genügt hierfür ebenso wenig wie der Wortlaut der jetzt in Geltung stehenden Vorschriften, denn die Worte „das Oel muß so schnell erhitzt werden, als es ohne Ueberhitzung geschehen kann,“ sind für den mit den bisherigen Erfahrungen auf diesem Spezialgebiete nicht Vertrauten ebenso unklar und unbestimmt, wie die Worte: „Die Erhitzung ist zu bewirken, so daß keine theilweise Ueberhitzung eintreten kann.“ Durch die letztere

Tabelle 1. Vergleichende Zu den Versuchen

Zu Oel I { O. Nr. 160/6 160/14 160/19 160/27 160/30 160/33
Flammpunkt früher C° 165 168 163 165 165 164

Beobachter: a) Holde, b) Ruhemann, c) Wendisch, d) Dr. Krämer, e) Normann.

Lfd. Nr.	Zeichen der Probe. Datum der Versuche	Im Digestorium							
		Normales Ansteigen der Wärme 2—4° in der Minute				Langsames Ansteigen der Wärme			
		Flamme wie bisher horizontal über den Tiegel geführt		Flamme in den Tiegel getaucht		Flamme horizontal über den Tiegel geführt		Flamme in den Tiegel getaucht	
		Flp. C°	Wärmeanstieg	Flp. C°	Wärmeanstieg	Flp. C°	Wärmeanstieg	Flp. C°	Wärmeanstieg
1	I 1.—3./11. 92	165a 168b 173c	147—150° je 3°, 157—160° je 1°, zum Schluß je 3° in 1 Min. Von 145—168° je 3—4° in 1 Min. Von 160—165° je 2°, von 165° an je 3° in 1 Min.	155a 159b 159c	Zum Schluß 3 bis 4° vorher annähernd eben so schnell in 1 Min. gestiegen. Von 145—155° je 4°, dann etwa 3° in 1 Min. 145—155° je 3 bis 4° in 1 Min., zum Schluß 1 bis 2° in 1 Min.	172c — —	Dauer des Versuchs von 145 bis 172° 29 Min., bei 153° war 1 Min., bei 156—157° 4 Min., bei 161 bis 162° auch 4 Min., bei 167—168° 2 Min. lang kein Ansteigen der Wärme zu bemerken.	— — —	— — —
2	II 1.—3./11. 92	170a 169b 173c	Zum Schluß 2 bis 3° in 1 Min., vorher etwas schneller. Von 145° an durchweg 2,5—3° in 1 Min. Zum Schluß 2 bis 3° in 1 Min., vorher etwas schneller.	162a 159b 165c	Zum Schluß 3 bis 4° in der Min., vorher ein wenig schneller. 145—155° je 6°, dann je 4° in 1 Min. Bis 160° je 3 bis 4°, dann je 2 bis 3° in 1 Min.	— — —	— — —	168b	145—159° = 2 bis 3° in 1 Min., 159—161° = 1°, dann in 6 Min. 8° gefallen; 153 bis 164° = 2 bis 3° in 1 Min.; dann blieb die Temperatur 2 Min. stehen; 164 bis 167° = 1° in 1 Min., dann von 145° an = 27 Minuten.
3	188b 29./10. 92	178b		174d					
4	188c 27./10. 92	174b 178b				182a	Wärme bei 160° etwa 5 Minuten konstant		
5	160/62 11./7. 92	195b 194b				197e	Bei 180° fiel die Wärme auf 170°		
6	154/56 Dez. 91	169a 168b	Flämmchen mit Oel 1mal berührt						

Tabelle 1a.

Normales Ansteigen der Wärme 2—4° in der Min., Flamme wie bisher horizontal über den Tiegel geführt. Versuchsraum: Digestorium.

Lfd. Nr.	7	8	9	10	11	12
Zeichen der Probe.	188a	188d	188e	188f	188g	188h
Versuchs-Datum	27./10. 92	28./10. 92	28./10. 92	27./10. 92	27./10. 92	27./10. 92
Flammpunkt C°	163b u. d 157b u. d	170b 170b	168b 172b	166b u. d 176b u. d 180a u. d 181a u. d	159a u. d 159b u. d	171b u. d 176b u. d 179a u. d

Flammpunktsbestimmungen.

wurden zusammengemischt:

Zu Oel II	O. Nr.	160/12	160/22	160/25	160/26	160/32	160/24
	Flammpunkt früher C°	170	169	172	168	169	195

Die Angaben über den Wärmeanstieg sind unkorrigirt angegeben, es ist stets 1° zu addiren.

Auf dem Tisch

Normales Ansteigen der Wärme 2—4° in der Minute				Langsames Steigen der Wärme	
Flamme wie bisher horizontal über den Tiegel geführt		Flamme in den Tiegel getaucht		Flamme in den Tiegel getaucht	
Flp. C°	Wärmeanstieg	Flp. C°	Wärmeanstieg	Flp. C°	Wärmeanstieg
169a 169b 165c 167c	Gegen Schluß 4 bis 5° in 1 Minute vorher etwas schneller. Von 145—155° je 4—5°, von 155 bis 165° je 3° in 1 Min. gestiegen. Schluß normal. Entflammen bei diesem Wärmegrad von a bemerkt, c sah Flamme erst bei 170°.	163b 161c 160a	Von 145—155° je 7°, von 155—160° je 5°, von 160 bis 163° je 3—4° in 1 Min. Während der Prüfung Oel einmal kurz mit Flämmchen berührt. 3—4° in der Min. Flamme mehrfach Oel u. Tiegelrand berührt. Wärme 3—4° in der Min. von 145—160° gestiegen.	181a 164b	Von 120—145° 5 Min., von 145—150° 3 Min., von 150—152° 1 Min., von 152—157° 11 Min., von 157—159,8° 3 Min., von 159,8° fiel die Wärme auf 155° und stieg erst nach 9 Min. auf 160°, von 160—175° 37 Min., dann 14 Min. gefallen und schließlich von 175—180° in 5 Min. } Im Ganzen von 120—181° 1 Stunde 23 Min. 145—155° je 4°, 155—160° je 2° in 1 Min.; dann in 7 Min. 6° gefallen; 154—159° je 2°, 159—163° je 1° in 1 Min.; Dauer des Versuches von 145° an: 18 Minuten.
170a 175b 176c	Bis 165° 7° in der Min., zum Schluß 3½° in der Minute. 145—160° 4—5° in 1 Min., dann bis zum Schluß 3° in 1 Min. Von 145° an 4° in der Min.	166b 170c 168	145—160° je 4°, dann je 3° in 1 Min. Von 145° an 3 bis 4° in 1 Min. Von 145° an etwa 4° in der Min., mehrfach z. B. bei 146, 150, 161, 165 Oel und Tiegel mit Flammen berührt.	170b 173b 175b	150—160° je 1—2° in 1 Min., dann 1—1½° in 1 Min. Im Ganzen von 150—170 14 Min. Von 145—160° je 3°, bis 163° je 1° in 1 Min., dann in 6 Min. bis 153° gefallen, von 153—160° 4°, von 160—166° 3°, von 166—172° 2° in 1 Min. Von 120—145° 5 Min., von 145—150° je 5°, von 150—156° je 3°, von 156—158° je 2°, von 158—160° je 1°, von 160 bis 164° je 2°, von 164—165° je 1° in 1 Min. gestiegen; dann in 3 Min. bis 162° gefallen; von 162—170° in 7 Min. gestiegen, dann in 6 Min. 9° gefallen, von 161—170° je 3° in 1 Min., von 170—174° je 2° in 1 Min. gestiegen.
176b		171d			

Vorschrift wird der Beobachter wenigstens darauf verwiesen, daß die Ueberhitzung (absolut zu vermeiden ist sie aus den Eingangs erörterten Gründen überhaupt nicht) auf das geringste Maß zurückgeführt wird, wenn er die Wärme des Oeles langsam steigert. Durch die Vorschrift der Prüfungsstelle aber kann ein mit den oben besprochenen Fehlerquellen des Apparates nicht völlig vertrauter Beobachter dazu verführt werden, schnelle Erhitzung eintreten zu lassen. Es ist also nothwendig, daß ein ganz bestimmtes Maß für die Geschwindigkeit der Erhitzung festgesetzt wird, indem man ausspricht, daß das Ansteigen des Thermometers von einem bestimmten Punkte ab um n C° in der Minute geschehen soll. Bei Anwendung des geschlossenen Apparates ist auch diese Bestimmung nicht nothwendig, wenn mit Rührwerk gearbeitet wird.

Die von der Prüfungsstelle ausgesprochene Ansicht, daß gerade bei den Oelen, die mehr leicht entflammbare Bestandtheile enthalten als andere, die also bei mäßig schnellem Erhitzen (2—4 C° in der Minute) einen niedrigen Flammpunkt zeigen, die Unterschiede bei langsamer und schneller Erhitzung besonders groß werden, muß als zutreffend erachtet werden und geht ebenfalls aus den in Tab. 1 angeführten Versuchsergebnissen hervor. Bei den Oelen, die auch bei mäßig schnellem Erhitzen hohe Flammpunkte geben, liegt der Flammpunkt auch bei sehr langsamer Erwärmung nicht viel höher. Die leichtflüchtigen Bestandtheile werden bei sehr langsamer Erwärmung in der That abgedunstet. Die Erzeugung der Dämpfe geschieht aber so langsam, daß die Luftströmungen sie fortführen, ehe sich die zur Entflammung geeignete Mischung mit Luft gebildet hat.

Die Versuchsanstalt hat bereits im Jahre 1889 („Mittheilungen" 1889 S. 153) gezeigt, daß die Prüfung des Flammpunktes im offenen Tiegel oft überhaupt nicht die Gegenwart solcher Mengen leicht entflammbarer Bestandtheile festzustellen gestattet, die zur Hervorbringung einer Entflammung im geschlossenen Penskyschen Apparat bereits ausreichen. Schon der Umstand, daß man im geschlossenen Flammpunktsprüfer wesentlich niedrigere Werthe erhält als im offenen Tiegel, zeigt, daß bei der Tiegelmethode unter allen Umständen leicht entflammbare Theile entweichen. Ein mit 0,4 % Benzin versetztes Mineralschmieröl, welches vorher im reinen Zustande im Penskyschen Apparat bei 172 C°, im Tiegel bei 186 C° entflammte, gab den Flammpunkt 184 C° im Tiegel, während es im Penskyschen Apparate unter 90 C° entflammte. Ein Zusatz von 0,5 % Benzin zum reinen Oel veränderte den Flammpunkt im Tiegel unerheblich (185 C°), während im geschlossenen Apparat schon bei der ersten Zündung (unter 90 C°) die Entflammung eintrat. Der Flüssigkeitsgrad des Oeles war durch den Benzinzusatz von 2,29 auf 2,10, also um 8 %, herabgesetzt worden. Wenn demnach nach Ansicht der Prüfungsstelle gerade durch den Flammpunkt die Gegenwart leicht verdunstender Theile erkannt werden soll, die durch ihr Entweichen im Betriebe die Schmierfähigkeit der Oele verändern oder in anderer Weise sich unerwünscht bemerkbar machen, so ist es nach dem Vorhergesagten am zweckmäßigsten, die Tiegelmethode überhaupt zu verwerfen. Diesen Standpunkt hat die Versuchsanstalt auch in den Berichten über vergleichende Flammpunktsprüfung wiederholt eingenommen („Mittheilungen" 1889 S. 155, 1890 S. 74).

Der Bericht I sagt ferner, daß durch die Festsetzung des Flammpunktes auf einen bestimmten Punkt im Verein mit den anderen vorgeschriebenen Bedingungen erreicht werden soll, daß im Schmieröl nur eine durch den vorgeschriebenen Flammpunkt begrenzte Menge Körper vorhanden ist, die niedrigeren Siedepunkt besitzen, als der Hauptbestandtheil des Oeles aufweist. Man wolle durch die Bestimmung über die Höhe des Flammpunktes zu großen Veränderungen des Flüssigkeitsgrades der Oele bei höheren Wärmegraden vorbeugen. Wenn es erfahrungsmäßig auch zutreffend sein wird, daß zuweilen die Flammpunktslage im genannten Sinne wirkt, so fehlt doch bis jetzt der Beweis, daß nothwendig der Entflammungspunkt in ursächlichem Verhältniß zur inneren Reibung einer Flüssigkeit, im Besonderen des Mineralöls steht. Würde aber dieser Beweis erbracht sein, so würde um so nachdrücklicher die Forderung gestellt werden müssen, daß der Flammpunkt im geschlossenen Apparat bestimmt werden soll. So lange aber die Verwaltungen für den Flüssigkeitsgrad, gemessen mit dem Englerschen Apparat, für verschiedene Wärmegrade bestimmte untere und obere Grenzen festsetzen und so lange die Angebots- und Lieferungsproben auch diesen Bedingungen genügen müssen, so lange kann es wohl nicht eigentliche Aufgabe der Flammpunktsbestimmung sein, einen Anhalt für die Veränderlichkeit des Flüssigkeitsgrades bei hoher Wärme zu liefern. In

dieser Beziehung kommt es wohl weit mehr auf die Menge des etwa vorhandenen leichtflüchtigen Bestandtheils im Oel und auf den Einfluß an, den dieser Bestandtheil auf die sonstigen Eigenschaften des fraglichen Oeles ausübt, als auf die Flammpunktslage. Will man sich aber hierüber Auskunft verschaffen, so muß man durch Destillation die Menge des leichtflüchtigen Bestandtheils feststellen und wo möglich die Eigenschaften beider Theile gesondert untersuchen. Ein solches Verfahren würde indessen von den praktischen Zielen der Materialienkontrole zu weit abliegen.

Alles in Allem ist schließlich hervorzuheben, daß die Ursachen der Nichtübereinstimmung der Ergebnisse an verschiedenen Prüfungsstellen auf die Mängel der Methode und auf die verschiedene Auffassung zurückzuführen ist, die die Ausführungsbestimmungen zulassen. Die unsichere Annäherung der Zündflamme, die verschiedenartigen Luftströmungen, geringe Unterschiede in Art und Schnelligkeit der Erwärmung, Unterschiede in der Belichtung des Raumes, etwaige Nebengeräusche, Stimmungszustand des Beobachters u. a. m. veranlassen oft große Abweichungen der Ergebnisse, selbst in der Hand von sonst gleich geübten und gleich arbeitenden Beobachtern. Dem widerspricht gar nicht der Umstand, daß bei mehreren Versuchsreihen zufällig gleiche oder annähernd gleiche Ergebnisse erhalten werden. Die Versuchsanstalt hat selbst derartige übereinstimmende Versuchsreihen früher veröffentlicht. Bei dem Penskyschen Apparat sind alle vorgenannten Fehlerquellen auf das kleinste Maß zurückgeführt, und demgemäß hat der Apparat bisher auch stets nur wenig abweichende Ergebnisse bei Wiederholungsversuchen mit gleichen Oelen ergeben, ganz gleichgültig, ob man das Oel bei sehr langsamer Erwärmung ohne Rühren, oder ob man es schnell, aber unter Benutzung des Rührwerkes erhitzte.

2. Die Ausdehnungskoeffizienten der schweren Destillationsprodukte und Residuen des Rohpetroleums.

Vom Abtheilungsvorsteher Dr. Holde.

Die rohen Erdöle Rußlands, Nordamerikas, Deutschlands ꝛc. sind schon mehrfach hinsichtlich ihrer Volumenausdehnung beim Erwärmen untersucht worden. Abgesehen von dem wissenschaftlichen Interesse, welches die Zahlen wegen ihrer Beziehung zum spezifischen Gewicht und der Herkunft der Oele besitzen, geben sie die wichtigen Anhaltspunkte für den in Rücksicht auf die verschiedenen klimatischen Verhältnisse zu belassenden freien Raum bei größeren Transporten der Rohöle in den Tankschiffen ꝛc.

Engler[1]) theilt die folgenden Ergebnisse nach Ragosines Zusammenstellung mit.

Tabelle 1. **Rohöle.**

Herkunft	Pennsylvanien	Canada	Schwabweiler (Elsaß)	Virginien	Schwabweiler (Elsaß)	Walachei	Galizien	Rangoon	Kaukasien	Westgalizien	Ohio	Bentendorf (Baku)	Edesse (Hannover)	Bechelbronner Grabenöl	Walachei	Oberg (Hannover)	Wiege (Hannover)
Ausdehnungskoeffizient × 1000000	840	843	843	839	858	808	813	774	817	775	748	784	772	792	748	662	647
Spez. Gewicht bei ? C° × 1000	816	828	829	841	861	862	870	875	882	885	887	890	892	892	901	944	955

[1]) Verhandlungen des Vereins für Gewerbefleiß 1887, 643.

Die höchste vorkommende Abweichung in den Ausdehnungskoeffizienten beträgt somit zwei Einheiten der vierten Dezimale. Im Allgemeinen ist zwar Abnahme der Ausdehnung mit steigender Dichte zu konstatiren, doch kommen einzelne beträchtliche Abweichungen von dieser Regel vor, welche auf die verschiedene chemische Natur der Einzelbestandtheile von Erdölen verschiedener Abstammung zurückzuführen sind.

Aus den Arbeiten W. Markownikoffs und W. Oglobins[1]) einerseits und St. Claire-Devilles[2]) andererseits wurde entnommen, daß die ersteren beiden die Ausdehnungskoeffizienten aus den spezifischen Gewichten der Oele zwischen 0 und 39,8° berechneten, der letztere sie aber aus den spezifischen Gewichten zwischen 0 und 50° ableitete. Da die Ausdehnung der Flüssigkeiten sich nach den bisherigen Untersuchungen[3]) mit steigender Wärme ändert, und das Gesetz $V = V_0 (1 + \alpha t)$, welches für die kubische Ausdehnung fester Körper gilt, bei Flüssigkeiten nicht mehr maßgebend ist, so sind die aus den spezifischen Gewichten nach letztgenannter Formel abgeleiteten Zahlen nur als annähernde Mittelwerthe für die Ausdehnung innerhalb bestimmter Wärmegrenzen anzusehen.

Die Werthe, welche uns Höfer[4]) aus den Arbeiten Markownikoffs und W. Oglobins, sowie H. Gintls mittheilt, weichen theilweise beträchtlich von den oben gegebenen Werthen ab, wobei natürlich berücksichtigt werden muß, daß die verschiedenen Autoren voraussichtlich mehrfach verschiedenes Rohmaterial untersucht haben. Wie die nachfolgenden Zusammenstellungen zeigen, bestätigten auch die Zahlen der letztgenannten Autoren die schon erwähnten Beziehungen zwischen spezifischen Gewichten und Ausdehnungskoeffizienten.

Die folgenden Versuche Markownikoffs und Ogoblins wurden mit nordamerikanischen Oelen angestellt:

Tabelle 2.

Dichte bei 15 C° × 1000	Ausdehnungskoeffizient × 100000
unter 700	90
700 bis 750	85
750 - 800	80
800 - 815	70
über 815	65

[1]) Ber. der deutsch. chem. Ges. **XVI** (Ref.) 1873.

[2]) Compt. rend. **LXVI**, 442; **LXVIII**, 349, 485, 686.

[3]) Landolt und Börnstein, phys. Tabellen 1883.

[4]) Industrie der Mineralöle, Volleys Handb. der chem. Technol., I. Lief. das Erdöl und seine Verwandten von Hans Höfer; Verlag von Friedr. Vieweg und Sohn 1888.

Nachstehende Tabelle enthält die von Gintl gefundenen Werthe:

Tabelle 3.

Herkunft	Dichte × 1000 bei 0°	Dichte × 1000 bei 50 C°	Ausdehnungskoeffizient × 100000
West-Virginien (White Oak) . .	873	853	46
desgl. (Burning Spring)	841	808	81
Pennsylvanien (Oil creek) . . .	816	784	82
Canada (de West)	870	851	44
Burma (Rangoon)	892	861	72
Rußland (Baku)	954	920	71
Ost-Galizien	870	836	81
West-Galizien	855	852	77
Rumänien (Plojesti I)	862	829	80
desgl. (Plojesti II)	901	869	73
Italien (Parma, Neviano de Rossi)	809	772	96
Hannover (Oberg)	944	914	66
Elsaß (Pechelbronn)	912	880	73
Frankreich (St. Gabian) . . .	894	861	69
Zante	952	921	67

Von den Fraktionen des Rohpetroleums haben A. Bartoli und E. Stracciati[1]) die gesättigten Kohlenwasserstoffe vom Pentan C_5H_{12} bis zum Kohlenwasserstoff der Palmitinsäure, dem Hexadecan $C_{16}H_{34}$ untersucht und mit dem Steigen des Siedepunktes und spez. Gewichtes Fallen des Ausdehnungskoeffizienten beobachtet.

Tabelle 3a.

Kohlenwasserstoff	Siedepunkt	Spez. Gew. bei 0°	Mittl. Ausdehnungskoeffizient zwischen 0 und 30°
C_5H_{12}	+ 30°	0,64025	0,0015890
⋮	⋮	⋮	⋮
$C_{16}H_{34}$	+ 278—282°	0,82873	0,0008045

Während somit über die Ausdehnungskoeffizienten der Rohöle und einzelner leichter Fraktionen zahlreiche Daten, wenn auch nicht mit Berücksichtigung der Aenderung der Ausdehnung mit steigender Wärme, vorliegen, besitzen wir über die Ausdehnungsverhältnisse der schweren Destillationsprodukte des Rohpetrols, insbesondere der Mineralschmieröle bis auf vereinzelte Daten[2]) keine ausführlicheren Angaben, obwohl auch die Kenntniß dieser Zahlen in mancher Hinsicht von Werth ist. Die Bekanntschaft mit der Volumenausdehnung der Mineralschmieröle giebt einerseits, wie schon oben bei den Rohölen erwähnt, einen genauen Anhalt für den beim Transport in den Versendungsgefäßen zu belassenden freien Raum, sie erleichtert andererseits dem Analytiker die Bestimmung der spezifischen Gewichte bei beliebigen

[1]) Gazetta chimica 1885, XV. S. 417.

[2]) Dr. Albrecht, Glasers Ann. für Gew.- u. Bauw. 1892 Nr. 360, S. 234 und Dr. A. Veith, „Das Erdöl und seine Verarbeitung", 1892, Verlag von Friedr. Vieweg u. Sohn.

Wärmegraden und zeigt auch, in wie weit der Abfall der Zähflüssigkeit der Oele beim Erwärmen parallel läuft mit der Größe der Volumenausdehnung [1]). Die Veränderung der Zähflüssigkeit der Mineralöle verschiedener Herkunft ist bekanntlich sehr verschieden und ist bei der Beurtheilung des Schmierwerthes eines Oeles besonders zu berücksichtigen. Das Studium der Volumenausdehnung verschieden beschaffener Mineralöle bei verschiedenen Wärmegrade wird uns aber auch, wie wir im Verlaufe der nachfolgenden Untersuchungen sehen werden, außer über die vorgenannten Punkte auch über manche anderen auffälligen Erscheinungen bei Mineralschmierölen, insbesondere auch über die Rolle, welche Paraffintheile ꝛc. in den Oelen spielen, Aufschluß verschaffen.

Für die bisher auf ihre Volumenausdehnung bei verschiedenen Wärmegraden untersuchten Flüssigkeiten ließ sich bezüglich der Ausdehnung die Formel $V = V(1 + at + bt^2 + ct^3)$ aufstellen, in der allerdings, wie Kopp und andere [2]) zeigten, die Konstanten a, b und c für verschiedene Wärmestufen noch verschiedene Werthe annahmen.

Dem Zwecke der vorliegenden Untersuchung entsprechend genügte es, die Ausdehnung der Oele in Wärmestufen von etwa 10° kennen zu lernen und zur Vergleichung der verschiedenen Oele heranzuziehen.

Um die Vergleichung möglichst eingehend durchzuführen, wurde eine größere Anzahl von Mineralschmierölen verschiedener Herkunft zwischen mehreren Wärmegraden auf ihre Ausdehnung untersucht. Die Richtigkeit der Herkunft war durch gute Bezugsquellen und das Ergebniß der physikalischen und chemischen Untersuchung der Oele gesichert. Einige von den Oelen waren in der Versuchsanstalt selbst aus den entsprechenden Rohölen destillirt. Ueber den Verlauf der Untersuchungen und deren Ergebnisse sei im Nachstehenden berichtet:

1. Die Methode der Versuchsausführung.

Bei der Auswahl eines geeigneten Apparates für die Messung der Volumenausdehnung war zunächst zu entscheiden

1. über die Art der Messung, d. h. ob die Bestimmungen durch Wägung eines gleichbleibenden Volumens von verschiedener Masse oder durch Messungen der verschiedenen Volumina von gleicher Gewichtsmasse bei verschiedenen Wärmegraden vorzunehmen sind;
2. über Form und Größe des anzuwendenden Dilatometers oder Pyknometers;
3. über die Art der Erwärmung des Oeles, welche erreichen lassen mußte, daß der abgelesene Wärmegrad bei den Volumenmessungen resp. Wägungen in der ganzen Oelmasse vorherrschte.

Die Vorversuche hatten ergeben, daß für eine genauere Uebersicht über die Veränderung der oben gekennzeichneten mittleren Ausdehnungskoeffizienten die Genauigkeit mindestens bis zur 5. Stelle erwünscht ist. Die Berechnung nach der unten gegebenen Formel ergab, daß man z. B. bei Benutzung eines Dilatometers der Kugel wenigstens einen Inhalt von 30 ccm bei 1,7 bis 1,8 mm Rohrweite zu geben hat und genaue Kenntniß der Wärme des Oeles bis auf Zehntel-Grade besitzen muß, wenn man die gewünschte Genauigkeit erreichen will. Die letztgenannten Dimensionen, sowie genau geaichte, in $^1/_{10}$ Grade getheilte Thermo-

[1]) Dr. Albrecht, Glasers Ann. für Gew.- u. Bauw. 1892 Nr. 368, S. 157.
[2]) Landolt u. Börnstein, Physik. Tabellen 1883.

meter ſind daher bei dem überwiegenden Theile der Beobachtungen zur Anwendung gelangt. Durch mehrere Kontrolverſuche kann man mit einem derartigen Gefäß auch noch in der 6. Stelle annähernde Genauigkeit erreichen. Die Benutzung von pyknometerartigen Gefäßen unter Zuhilfenahme von Wägungen erſchien unzweckmäßig, weil ſich bei einem gut getheilten Dilatometer die Volumenableſungen in bedeutend kürzerer Zeit als die umſtändlichen Wägungen auf einer genauen chemiſchen Waage ausführen laſſen. Dieſe Ueberlegung führte zur Wahl der Dilatometer. Für die Dimenſionen würden beim Pyknometer natürlich die den angeführten Dilatometermaßen entſprechenden Werthe einzuführen ſein.

Folgende Zahlen mögen eine kurze Ueberſicht über die Größe der Fehler der Dilatometer- und Pyknometerbeſtimmungen unter verſchiedenen Umſtänden geben.

Tabelle 4.

	Gefäßgröße ccm	Temperaturintervall der Beobachtung C°	Verſuchsfehler (beim Dilatometer cbmm, bei dem Pyknometer mg)	Ableſungsfehler am Thermometer C°	Fehler im Ausdehnungskoeffizienten
Dilatometer	10	20	0,5	0	0,000025
	25	20	0,5	0	0,0000010
	24	12	1,0	0	0,0000030
	30	10	1,0	0	0,0000030
	30	4	1,0	0	0,0000076
	24	13	0	0,1	0,0000056
Pyknometer	1,5	15	1	0	0,0000600
	1,5	30	1	0	0,0000200

Die Formel für die mittlere auf die Volumeneinheit bezogene Ausdehnung α für je einen Wärmegrad zwiſchen den Wärmegraden t und t_1 berechnet ſich wie folgt:

Sind die bei t und t_1 am Dilatometer abgeleſenen Volumina V und V_1, ſo beträgt die ſcheinbare, d. h. ohne Rückſicht auf die Ausdehnung des Glaſes abgeleſene Volumenausdehnung für das bei t^0 abgeleſene ſcheinbare Volumen V des Oeles und den Temperaturintervall $t_1 - t$ ..... $V_1 - V$.

Zu dieſer Ausdehnung iſt noch die Ausdehnung des Glas-Volumens bis V_1 beim Erwärmen von t auf $t_1{}^0$ zu addiren. Dieſe Ausdehnung beträgt $V_1[1 + c(t - 20)](t_1 - t)c$. In dieſer Formel iſt $V_1[1 + c(t - 20)]$ das wirkliche Volumen des abgeleſenen Glasvolumens V_1 bei t^0, wenn bei 20^0 die Kalibrirung des Dilatometers vorgenommen wurde. $c = 0{,}000025$ iſt als Ausdehnungskoeffizient des Glaſes angenommen worden.

Somit beträgt die Geſammtausdehnung eines Volumens $V[1 + c(t - 20)]$ (dem ſcheinbaren abgeleſenen Anfangsvolumen V entſprechend) Oel für $t_1 - t^0$

$$V_1 - V + V_1[1 + c(t - 20)](t_1 - t)c$$

mithin die mittlere Ausdehnung α für je 1 Grad Erwärmung und das Volumen 1:

$$\alpha = \frac{V_1 - V + V_1[1 + c(t - 20)](t_1 - t)c}{V[1 + c(t - 20)](t_1 - t)}$$

Hieraus 1) $$\alpha = \frac{V_1 - V}{t_1 - t} \cdot \frac{1}{V[1 + c(t - 20)]} + c \cdot \frac{V_1}{V}.$$

Für die ſpäteren Berechnungen von α ſind die Quotienten $\frac{1}{[1 + c(t - 20)]}$ und $\frac{V_1}{V}$ in der letzten Formel der Vereinfachung der Rechnung wegen beſeitigt worden. Die hierdurch

entstehenden Fehler sind den nicht zu vermeidenden Fehlern der Methode gegenüber so geringfügig, daß sie vernachlässigt werden können; zudem heben sie sich zum Theil gegenseitig auf. Es bedingt nämlich die Fortlassung von $\frac{V_1}{V}$ erst einen Fehler von minus 1 bis 2 Einheiten der 7. Dezimale; die Fortlassung von $\frac{1}{[1+c(t-20)]}$ verursacht für

$t - 20 = 10$ einen Fehler von + 1 bis 2 Einheiten der 7. Dezimale
$t - 20 = 20$ " " " + 3 " " 7. "
$t - 20 = 40$ " " " + 6 " " 7. "

Die endgültige Formel ist somit

$$2)\quad \alpha = \frac{V_1 - V}{(t_1 - t)V} + c.$$

Fig. 1.

Die von Kohlrausch angegebene Formel für die Ausdehnung von Flüssigkeiten im Dilatometer lautet

$$\alpha = \frac{V_1 - V}{t_1 - t} \cdot \frac{1}{V} + c \cdot \frac{V_1}{V},$$

unterscheidet sich somit nur unwesentlich von der von mir benutzten Formel.

Als bequemste Form für die zu benutzenden Dilatometer erschien die Kugelform (Fig. 1).

Eine Hauptschwierigkeit bei der Bestimmung des Ausdehnungskoeffizienten von zähflüssigen Oelen liegt nun in der Erzielung eines in der ganzen auf die Volumenausdehnung zu untersuchenden Oelmasse gleichmäßig vorherrschenden und dem Experimentator genau bekannten Wärmegrades. Diese Aufgabe ist hier schwieriger zu erfüllen als bei der Untersuchung der anderen meist besser wärmeleitenden Flüssigkeiten. Für niedere Wärmegrade von 10 bis 25 C° kann man bequem mit einem aus zwei großen in einander gestellten Bechergläsern bestehenden Wasserbade (Fig. 2) arbeiten. Zur Regulirung der Wärme im Wasser fügt man warmes oder kaltes Wasser oder erforderlichen Falls kleine Stückchen Eis hinzu unter Anwendung eines unten ringförmig gebogenen Rührers C. Bei gleichzeitiger Benutzung einer größeren Zahl von Dilatometern rührt man, um die Beschädigung der Dilatometerkugeln zu vermeiden, besser mit einer Gänsefeder. Wenn auch die Regulirung der Wärme hierbei je nach der Höhe des Wärmegrades der Beobachtung 1 bis 1½ Stunden die Aufmerksamkeit des Beobachters in Anspruch nimmt, so kann man doch immerhin, wie auch die Figur 2 zeigt, eine beliebige Anzahl von Proben gleichzeitig untersuchen und damit Zeit gewinnen. Der Brenner l wird nur dazu benutzt, um das Wasserbad etwas schneller anzuwärmen, während der eigentlichen Versuchsausführung wird er nicht benutzt, damit nicht zu große Wärmeunterschiede im unteren und oberen Theile des Bades entstehen. In der Tabelle 5 (S. 51) sind die einzelnen Beobachtungen bis zum längeren etwa 20 bis 30 minutenlangem oder noch längerem Konstantbleiben des Dilatometer- und Thermometerstandpunktes im Bade angegeben. Diese Werthe sowie die Ergebnisse der Kontrolversuche zeigen, daß man auf die beschriebene Art und Weise zu recht zuverlässigen Werthen kommt. Im Allgemeinen dürften nach den erhaltenen Ergebnissen bei genau gleich-

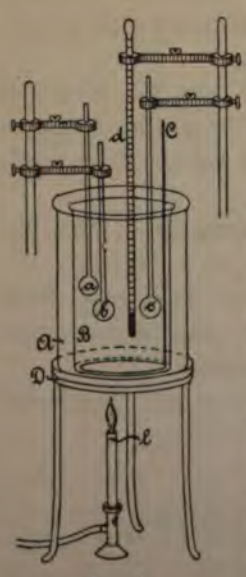


Fig. 2.

Tabelle 5. Versuche im Wasserbade — Anordnung A. Fig. 2.

Dilatometer Ia Oelheimer I Zeit in min.	Unkorr. Anstieg des Oeles im Rohr cbmm	Wärme des Bades
23	5,5	14,6
29	6,8	14,6
33	6,8	14,6
36	6,8	14,6
39	6,8	14,6
48	5,0	14,6
52	6,0	14,65
56	**6**,0	**14**,60
2	5,8	14,57
8	6,3	14,60
12	6,5	14,58
58	121,5	22,20
2	121,5	22,20
6	121,2	22,20
7	120,8	22,20
12	120,5	22,18
18	**120**,8	**22**,20

Anstieg des les im Rohr korr. cbmm atometer Nr. b ff. I	Ic Amer. I	Zeit h. m.	Wärme des Bades
	47	11 58	12,9
	48	12 3	12,9
	49	7	12,8
,8	49,2	16	12,94
	48,7	20	12,85
,5	49,0	23	12,90
,0	49,5	26	12,90
,2	49,8	30	12,90
,0	50,0	33	12,90
,8	50,0	35	12,83
,5	50,0	37	12,88
,5	50,5	42	12,93
,5	50,8	48	12,90
,5	50,0	54	12,90
,5	51,3	1 9	12,90
,5	50,5	30	12,90
,5	50,5	47	12,95
,5	50,8	51	12,90
,5	**50**,8	55	**12**,90
6,0	232,0	2 27	21,2
2	240,0	32	21,25
5,8	244,2	42	21,20
7,0	245,0	51	21,20
7,3	244,5	57	21,20
7,3	244,5	3 1	21,20
7,3	**244**,5	8	**21**,20

Versuchsreihe	Anstieg in den Dilatometern unkorr. cbmm Dilatometer Nr. Ia Oelh. I	Ib Russ. I	Ic Amer. I	Zeit h. m.	Wärme des Bades t
5	238	337,5	455,5	4 58	30,3
	240	344,0	461	5 4	30,35
	241	346,5	462	10	30,35
	241,5	347,5	462,5	17	30,35
	242,0	**349**,0	**463**,0	22	30,38
	242,0	349,0	463,0	28	**30**,35
	242,0	349,0	463,0	35	30,35
6	249,5	355,0	472,0	10 11	31,1
	253,0	360,8	481,0	19	31,20
	253,0	362,5	482,0	24	31,20
	253,3	362,5	481,8	32	31,20
	253,7	363,3	482,0	40	31,20
	253,7	363,3	481,8	45	31,20
	254,0	363,3	482,0	50	31,20
	253,7	363,7	481,8	56	31,20
	254,0	364,0	481,8	11 0	31,20 t wenig gestiegen
	254,0	363,7	481,5	9	32,20
	254,5	363,7	482,5	13	32,20
	254,0	365,0	481,5	23	32,20
	253,7	363,7	482,5	26	32,20 t 0,1° gestiegen
	254,5	365,0	483	32	32,20
	254,5	365,0	483,0	34	32,20 t 0,05° gestiegen
	254,5	365,0	483,3	35	32,20
	254,2	365,0	483,1	38	32,20
	254,3	365,0	483,0	43	32,20
	254,3	365,0	483,0	47	32,20
	255,0	365,3	482,7	49	32,20
	255,0	365,3	483,0	58	32,20
	255,0	365,3	483,0	12 6	32,20
	254,7	365,0	482,5	19	32,20
	254,7	**365**,3	**482**,5	25	**32**,20

Versuchsreihe	Anstieg im Dilatometer cbmm Dilatometer Nr. Ia Oelh. I	Ib Russ. I	Ic Russ. II	Zeit h. m.	Wärme des Bades C°
7	14,0	65,0	35	4 16	15,1
	15,0	67,5	37	20	15,1
	15,0	67,2	37	24	15,1
	15,0	**67**,0	**37**	31	**15**,1
8	172,5	242,5	274	9 25	25,9
	175,0	262,8	280	44	25,7
	175,0	264,0	282	49	25,9
	175,0	265,0	281,8	52	25,9
	176,0	266,0	282,8	10 7	25,9
	176,0	266,0	283,0	13	25,9
	176,3	266,0	283,0	20	25,9
	176,0	**266**,0	**283**,0	23	**25**,9

Versuchsreihe	Anstieg im Dilatometer cbmm Dilatometer Nr. Ia Oelh. I	Ib Russ. I	Ic Amer. I	Zeit h. m.	Wärme C° unkorr.
9	—	—	682	2 5	40,1
	—	—	682,5	10	40,1
	378	513,3	679,0	15	39,8
	381	515,0	679,5	22	40,1
	381,5	515,5	680,5	23	40,1
	381,5	515,5	680,0	32	40,0
	380,8	515,0	680,0	34	39,9
	382,0	517,0	682,5	43	40,1
	382,5	517,0	682,0	45	40,1
	382,5	517,0	682,3	46	40,1
	382,5	**517**,0	**682**,3	58	40,1
10	380,8	515,0	682,5	9 29	40,1
	382,0	516,5	682,5	32	40,1
	380,8	517,0	682,5	36	40,1
	382,0	517,5	682,5	40	40,1
	382,0	517,5	682,8	48	40,1
	382,0	517,0	682,5	52	40,1
	382,5	517,5	683,0	59	40,1
	382,5	517,5	683,0	10 2	40,1
	382,5	**517**,5	**683**,0	11	**40**,1

bleibendem Standpunkt des Thermometers $^1/_4$ Stunde langes Verweilen des Oelniveaus in ein- und derselben Höhe der Röhre für die endgültige Ablesung genügen.

Die Versuche wurden in vorstehender Anordnung A bis zu 40 C° ausgeführt, obwohl es für derartig hohe Wärmegrade schon schwierig wird, die Wärme des Bades auf $^1/_{10}$ Grade konstant zu halten. Es war aber erwünscht, eine Vorrichtung zu besitzen, mittelst welcher man nicht nur Temperaturen zwischen 30 und 40 C°, sondern auch höhere Wärmegrade möglichst schnell in der ganzen Oelmasse im Dilatometer erreichen und ohne Mühe beliebig lange konstant halten konnte. Einrichtungen, wie mit guten Schutzmaßregeln versehene Wasserluftbäder mit elektrischen Thermoregulatoren, welche z. B. in der bewährten Lautenschlägerschen Konstruktion im Institut für Infektionskrankheiten benutzt werden, gestatten zwar die Wärme hinreichend sicher bis auf $^1/_{10}$ Grade konstant zu halten, doch sind sie einerseits etwas kostspielig, andererseits dürfte verhältnißmäßig viel Zeit erforderlich sein, bis sie auf die genaue Wärme eingestellt sind. Es wurde daher versucht, als Ueberträger einer konstant bleibenden Wärme die Dämpfe siedender Flüssigkeiten, z. B. Aether, Schwefelkohlenstoff, Chloroform ꝛc. zu benutzen, wie es z. B. Victor Meyer bei seinen Löslichkeitsbestimmungen für höhere Wärmegrade versucht hat. Vor Beschreibung des endgültig angenommenen Apparates (Anordnung B) wird es von Interesse sein, die einzelnen Phasen der Vorversuche kennen zu lernen, welche schließlich die Konstruktion des größeren Metallapparates (Fig. 6) veranlaßten.

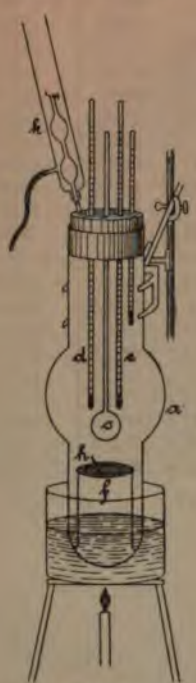


Fig. 3.

Die anfänglich für den in Rede stehenden Zweck benutzte Anordnung, Fig. 3, bestand aus dem durch Oelbad erhitzten Glasgefäß a, in welchem die Dämpfe von Schwefelkohlenstoff ꝛc. erzeugt wurden, den in den Kork eingefügten Thermometern d und e, Dilatometer c, dem Allihnschen Kühler k und dem zum Schutz gegen anspritzende Flüssigkeit aufgestellten Drahtnetz f. Die Thermometer d und e konnten in beliebigen Lagen verschoben werden, d und e dienten zur Kontrole der Dampfwärme in der Nähe der Dilatometerkugel, ein drittes im obern Theile des Gefäßes angebrachtes Thermometer zur Kontrole dafür, daß auch der ganze Oelfaden stets die Kugelwärme besaß. Bei dieser Versuchsanordnung stellten sich jedoch wider Erwarten Schwierigkeiten in den Weg. Während nämlich das Dampfthermometer d (in $^1/_{10}$ Grade getheilt) bei verschiedenen Flüssigkeiten stundenlang hinreichend konstanten Standpunkt zeigte, d. h. nur um wenige Hundertstel Grade schwankte oder überhaupt keine merkbaren Schwankungen aufwies, war mehrfach im Dilatometer kein hinreichend konstanter Standpunkt des Oelniveaus zu erreichen. Insbesondere wurden bei Wiederholungsversuchen bei genau gleicher Dampfwärme außerordentlich verschieden hohe Anstiege des Oeles im Dilatometer beobachtet. Es zeigte sich mehrfach, daß mit einer höheren Wärme des äußeren Oelbades theilweise auch bei lebhafter Dampfblasenentwicklung der siedenden Flüssigkeit in a die Anstiege im Dilatometer höher waren als bei niederer Oelbadwärme. Die Differenzen im Oelanstieg betrugen oft mehr als 10 cbmm, wenn auch die Dampfwärme völlig gleich blieb. Da vermuthet werden konnte, daß feinere heiße Theilchen der siedenden Flüssigkeit an die Kugel trotz des Drahtnetzes herangespritzt wurden und durch die häufige Aufeinanderfolge dieses Vorganges das die Wärme schlecht leitende Oel in der Kugel c sich allmählich höher erwärmen möchte, so wurde noch zum weiteren Schutze auf das Drahtnetz ein rundes Filter (b) vom Durchmesser der Kugel gelegt. (Es sei hier

bemerkt, daß die im Kühler verdichtete Flüssigkeit nicht frei herabtropfte, sondern durch ein am Kühlerende angebrachtes gebogenes Stück Filtrirpapier zum ruhigen Herabfließen an der Wand von a veranlaßt wurde.) Das Auflegen des Filters auf das Drahtnetz hatte jedoch nicht den gewünschten Erfolg; es zeigten sich noch immer unaufgeklärte Unterschiede im Anstiege des Oeles in c bei gleicher Dampfwärme.

Da es möglich war, daß die höhere Wärme in c bei höherer Wärme des Bades ihre Ursache in der Aufnahme von Wärmestrahlen seitens des Oeles, vielleicht aber auch in Kondensationserscheinungen haben konnte, so wurde zur Beobachtung dieses Einflusses neben den beiden Thermometern d und e noch ein weiteres unten mit einem Oelmantel versehenes Thermometer g in den Dampfraum gebracht (siehe Fig. 4) und hierauf die Thermometer d und g, sowie das Dilatometer bei verschiedenen Badwärmen beobachtet und zwar waren die Oelgefäße g und c bei einigen Versuchsreihen mit Stanniol umwickelt, um eine Reflexion der von dem heißen Bade herkommenden Wärmestrahlen zu bewirken, bei anderen Versuchsreihen waren sie ohne diese Bedeckung. Statt der Stanniolbedeckung wurde auch bei g für einige Versuche direkt Versilberung angewandt. Das Kapillarröhrchen i, welches zur Ausgleichung des Druckes diente, wurde in den Kühler geleitet. Diese Versuche ergaben nun in der überwiegenden Zahl von Fällen bei Anwendung der Stanniolbedeckung nur einen geringen, etwa 0,1 bis 0,15 betragenden Wärmeunterschied zwischen den Angaben von d und g, während bei zwei in gleicher Weise ausgeführten Versuchen die Thermometer d und e 2 bis 3,5° höhere Wärmegrade gegenüber dem Thermometer g zeigten. Da diese Versuche die eigenthümlichen Unterschiede noch nicht genügend erklären konnten, wurde in den Dampfraum A neben dem Quecksilberthermometer d und dem mit Oelmantel umgebenen Thermometer g noch ein mit Wassermantel umgebenes Thermometer i unter Fortlassung des Dilatometers eingefügt (siehe Fig. 5). War die Ursache der bei mehreren Versuchen beobachteten höheren Wärme in g die Aufnahme von Wärmestrahlen seitens des Oeles, so mußte das mit Wasser umgebene Thermometer auch bei denjenigen Versuchen, bei denen g höhere Wärme als d anzeigte, einen niederen Wärmegrad anzeigen. Dies war aber, wie sich später zeigte, nicht der Fall. Auch das mit Wasser umgebene Thermometer zeigte bei einem Versuch, bei welchem das Oelthermometer g 13 Minuten lang um 1,3° höher zeigte als d, in derselben Zeit um 1,1 bis 1,2° höher als d. Bei diesem Versuch war kein lebhaftes Sieden der Flüssigkeit in A, sondern nur ruhiges Verdampfen zu bemerken. Von den die Thermometer g und i umschließenden Glasgefäßen tropfte selten etwas verdichtete Flüssigkeit ab, während aus dem Kühler trotz genügender Kühlung überhaupt keine Flüssigkeit abtropfte.

Fig. 4.

Fig. 5.

Bei einer Fortsetzung dieses Versuches, bei welchem Kapillaren in die Siedeflüssigkeit geworfen wurden und anfänglich demzufolge lebhaftes Sieden eintrat, stieg die Dampfwärme um 1°, während die Wärme des Oel- und Wasserthermometers nur um je 2 bis 3 Zehntel-Grade erhöht wurde und auf diesem Standpunkte $^1/_2$ Stunde verblieb. Die geringen Schwankungen im Siedepunkte des benutzten Chloroforms rührten daher, daß der Oelmantel von g nicht ganz dicht verschlossen werden konnte, daher wenig Oel in dem verdichteten Chloroform gelöst wurde und in die Flüssigkeit am Boden des Siedegefäßes gelangte. Jedenfalls dürfte aus

den Versuchen zur Genüge hervorgehen, daß die großen bisweilen beobachteten Unterschiede in der Wärme von g und d in erster Linie ihre Ursache nur in den verschiedenen Kondensationserscheinungen, bedingt durch die verschiedene Form der Quecksilberkugel von d und des weiteren als Oelmantel dienenden Glasgefäßes von g haben konnten[1]). Für die von mir in Aussicht genommenen Beobachtungen an mehreren Dilatometern erwies sich schließlich zur Umgehung der letztgenannten Fehlerquelle die Einbringung eines größeren Wasserbades in den Dampfraum als zweckmäßig, das die Wärme des letzteren leicht aufnehmen, gleichmäßig auf die im Wasserbade befindlichen Dilatometer und Thermometer übertragen konnte und damit eine zuverlässige Messung der Oelwärme im Dilatometer durch einfache Messung der Wasserwärme gestattete. Erhielt man bei dem in das Wasser getauchten Thermometer genügend lange einen konstanten Wärmegrad während des Siedens der Flüssigkeit, so mußte auch das Oel den gleichen konstanten Wärmegrad zeigen. Einige in dieser Richtung angestellte Vorversuche führten schließlich zur Herstellung des nebenan gezeichneten Apparates (Fig. 6), welcher jetzt den meisten Versuchen bei höheren Wärmegraden von 35 C° an zu Grunde gelegt wird, da er die Temperaturen mit der eingangs festgesetzten Genauigkeit genügend lange konstant zu halten und zu messen sowie die gleichzeitige Untersuchung einer beliebigen Anzahl von Proben gestattet[2]). Ein Rudbergsches Siedegefäß zu benutzen, war wegen der immerhin schwierigen Dichtung des Deckels bei gleichzeitiger Prüfung mehrerer Dilatometer im Dampfraum nicht zweckentsprechend.

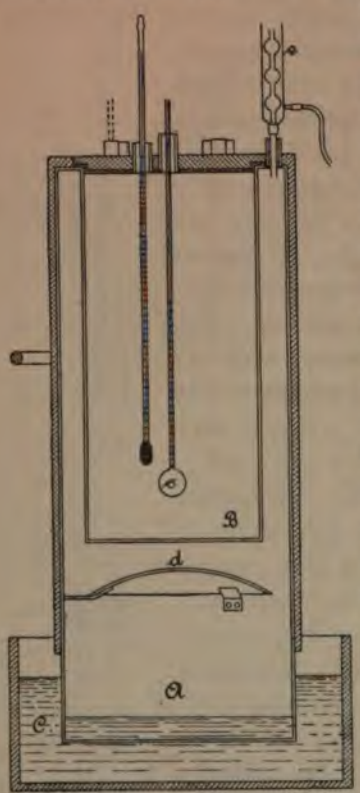


Fig. 6.

Zu der nebenstehenden Figur (etwa 1/7 natürlicher Größe) sei kurz folgendes bemerkt: A ist ein mit Linoleum bekleidetes kupfernes Siedegefäß. B ist ein kupferner Behälter für Wasser, in welchen die Dilatometer (c) nebst Thermometer gehängt werden. Das Blech d dient zum Schutze des Wasserbehälters gegen anspritzende Theile der siedenden Flüssigkeit in A. Der Allihnsche Kühler e führt die kondensirte Siedeflüssigkeit (Aether, Chloroform ꝛc.) an der Wand von A entlang auf den Boden zurück. Zum Erwärmen des Aethers, Chloroforms ꝛc. in A dient das Oelbad C. Das Weitere bezüglich der Versuchsausführung ergiebt sich aus dem früher Gesagten. In dem Apparat können gleichzeitig 10 Dilatometer erwärmt werden. Wenn die Wärme des Wassers und der Standpunkt des Oeles im Dilatometer 1/4 Stunde lang

[1]) Diese Erklärung entspricht auch der mir von Herrn Professor Dr. Grunmach mitgetheilten Beobachtung, wonach bei Siedepunktsbestimmungen reiner Flüssigkeiten infolge ungenügender Beseitigung von Kondensationen erheblich verschiedene Ergebnisse erhalten werden können. Bei dem für genaue Thermometerprüfungen benutzten Rudbergschen Siedegefäß sind die Kondensationen der Dämpfe durch doppelten Dampfmantel beseitigt.

[2]) Es sei darauf hingewiesen, daß der Apparat sich auch gut zur Vergleichung von Thermometern bei verschiedenen höheren Wärmegraden und anderen Operationen, z. B. spez. Gewichts- und Löslichkeitsbestimmungen bei höheren Wärmegraden ꝛc. eignet und von der Versuchsanstalt zur Kontrole der eigenen Thermometer benutzt wird. Der Apparat ist von der Firma Lautenschläger in Berlin N., Oranienburgerstr. 54, angefertigt worden.

konstant geblieben sind, können die Volumenablesungen erfolgen. Ragen die Oelsäulen zu weit aus dem Wasser bei der Ablesung hervor, so ist wegen ihrer Abkühlung in der Luft eine geringe Korrektur anzubringen. Bei undurchsichtigen Oelen wird der obere Meniskus, bei durchsichtigen Oelen der untere Meniskus abgelesen. Da es sich im Wesentlichen nur um die Ablesung von Volumendifferenzen handelt, gelangt man nach diesem Verfahren zu genügend genauen Werthen.

Die Einbringung des Oeles in die Dilatometer geschieht nach der in Fig. 7 skizzirten Methode. Das umgebogene, mit Schlauch versehene Kapillarrohr c wird in das umgekehrt aufgestellte Dilatometer gebracht. Die Mündung des letzteren wird mit dem umgebogenen Theil der Kapillare in das mit Oel gefüllte Gefäß getaucht. Durch Verbindung von c mit der Saugpumpe wird das Oel in die Kugel eingesaugt. Die nach der Füllung des Dilatometers und Herausnahme der Kapillare gewöhnlich an der Verbindungsstelle der Kugel mit der Röhre haftende Luftblase läßt sich durch wiederholtes momentanes Saugen an der Mündung der Kapillare, häufig allerdings erst nach großen Mühen, entfernen. Zur Reinigung der Röhrenwandung von Oel dient ein mit Schraubengewinde versehener Draht, welcher an dem gewundenen Ende mit einem leicht zu erneuernden Wattepfropf versehen wird. Will man das Dilatometer wieder ganz von Oel befreien, so bedient man sich auch der in Figur 7 gezeichneten Vorrichtung, nur daß man durch c einen Luftstrom in die Kugel einbläst. Zur schließlichen völligen Reinigung kann man die Kugel mehrfach mit Aether unter Anwendung eines Kapillartrichters reinigen; der Rest des Aethers wird durch einen Luftstrom entfernt.

Fig. 7.

Vor der Benutzung wurden die Röhren einer thunlichst genauen Kontrole der Kalibrirung unterzogen. Für diesen Zweck wurden Kugel und Rohr bis zur obersten Marke mit gut gereinigtem Quecksilber gefüllt und alsdann das Gewicht des Quecksilberfadens für die ganze Länge und einzelne Abschnitte der Kapillare festgestellt, indem das Quecksilber durch Einbringung eines unten zugeschmolzenen feinen Glasröhrchens in ein mit dem feinen Röhrchen tarirtes Becherglässchen gespült wurde. Aus den erhaltenen Gewichten werden die Volumina berechnet. Es zeigte sich hierbei, daß die meisten der benutzten Röhren außerordentlich große Abweichungen der wirklichen Volumina gegen die auf der Theilung angegebenen (z. B. statt 850 cbmm nach Angabe 900 cbmm) zeigten. Immerhin hatte diese Ungenauigkeit der Theilung zur Folge, daß die früher in Aussicht genommene völlige Genauigkeit der 6. Dezimale der Ausdehnungskoeffizienten aufgegeben wurde, da die für eine noch genauere Kontrole der Theilung erforderliche Arbeit nicht im Verhältniß zu dem erzielten Erfolg gestanden hätte. Bei einigen der Röhren waren nicht einmal die Durchmesser an allen Stellen hinreichend übereinstimmend. Unter diesen Umständen mußten besondere Korrekturtabellen für alle Röhrenablesungen angefertigt werden. Der Inhalt der Kugeln bis zur 0 Marke wurde durch Auswägung mit Wasser und Kontrolwägungen mit Oel bestimmt; alle diese Wägungen wurden auf den luftleeren Raum bezogen; die Wägungen der Quecksilberfäden in der Röhre wurden nicht auf den leeren Raum bezogen, da die Unterschiede der gewöhnlichen Wägung und der auf den leeren Raum bezogenen hier zu geringfügige

waren[1]). Die Theilung der Röhre k wurde noch weiterhin durch Bestimmung der Volumenausdehnung von Quecksilber kontrollirt.

Ueber die Zuverlässigkeit der Thermometer- und Volumenablesungen in dem für höhere Wärmegrade benutzten Apparat B geben die Tabellen 6a—c Aufschluß. Die Badwärme in B läßt sich demnach bis auf Schwankungen von wenigen hundertsteln Graden beliebig lange konstant halten. Dementsprechend zeigen auch die Dilatometer bald konstanten Standpunkt. Der Siedepunkt der angewendeten Siedeflüssigkeiten ist völlig konstant; Schwefeläther muß allerdings sorgfältig mit Natrium vor den Versuchen entwässert werden, da sonst sein Siedepunkt allmählich steigt. Die Wärme des mit der Luft durch die Deckelfugen kommunizirenden Wasserbades war meist 0,1 C° niedriger als die des Dampfbades. Beim Rühren des Wassers durch Drehung des Deckels, welche Operation beim Ablesen an mehreren Dilatometern zur bequemen Beobachtung erforderlich ist, steigt die Wärme des Wasserbades je nach der Höhe des Siedepunktes der angewendeten Siedeflüssigkeit um mehrere Hundertstel Grad,

Tabelle 6a—c. **Versuche im kombinirten Dampf=Wasserbad — Anordnung B.** Fig. 6.

Tabelle 6a. **Die Vorversuche ohne Dilatometer.**

Angabe der Zeit			h.	1	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—
			m.	7	15	20	25	35	50	0	5	20	30	40
Wärmegrad C°	Dampf			33,9 . . . . . ohne merkliche Veränderung 33,9										
	Wasserbad	Oben		33,2	33,5	33,62	33,63	33,72	33,78	33,80	33,81	33,81	33,81	33,81
		Mitte		—	—	33,50	33,54	33,73	33,80	33,80	33,81	33,81	33,81	33,81

Tabelle 6b. **Vorversuche mit verschiedenen Dilatometern.**

Siedeflüssigkeit Schwefeläther.

Versuchsreihe Nr. Dat.	Zeit	Wärmegrad C° im		Anstieg (cbmm) der Oele in Röhre					Bemerkungen
		Dampfbade	Wasserbade	h	l	k	l	m	
	h. m.			galiz. I	elsäss. II	deutsch II	schott. I	amer. II	
1	3 53	seit 1 h. 0 m. konstant 33,9 C° bis zum Schluß	33,81	487,0	495,0	512,0	514,5	504,5	Das Wasserbad und Dampfbad hatten schon 2 Stunden vor Einhängung der Dilatometer konstante Wärme gezeigt.
	4 3		33,82	487,5	495,5	512,5	515,2	504,5	
	4 15			488,0	496,0	512,5	516,0	505,0	
	4 27			488,0	496,0	512,7	516,0	505,0	
	4 38		bis zum Schluß	488,0	496,0	512,7	516,0	505,0	
2	11 37	33,73	33,64	484,5	492,5	509,3	512,0	501,3	Bei Versuch 1 und 2 bis 12 h. 3 m. standen die Dilatometerkugeln in der Nähe des Bodens. Bei Versuch 2 werden die Kugeln von h und l um 12 h. 3 m. in die Nähe der Mitte des Wassers gebracht.
	11 48	33,73	33,64	484,5	493,0	509,5	511,8	501,3	
	12 3	33,73	33,64	484,5	492,8	509,5	512,3	501,3	
	12 18	33,73	33,64	484,5	492,8	—	—	—	
	12 49	33,75	33,63	484,3	492,3	509,2	512,0	501,0	

[1]) Ein großer Uebelstand mancher Kapillarröhren für Dilatometer ist, daß sie beim Liegen im Laufe der Zeit von selbst springen; diese Eigenschaft zeigten die meisten der von Berliner Firmen bezogenen Röhren; die Kapillaren von Geißler in Bonn erwiesen sich haltbar.

Tabelle 6c. Versuche mit verschiedenen Dilatometern.

v = Beobachtung vor dem Rühren im Wasserbade.
n = „ nach „ „ „ „

Versuchsreihe Nr.	Zeit h. m.	Wärmegrade C Dampf	Wärmegrade C Wasserbad	Anstieg (cbmm) der Oele in den Röhren h amer. I	i amer. I erhitzt	k amer. II	l elsäß.	m russisch?	Bemerkungen
3	2 35	37,95	v 37,80	542,5	566,3	581,0	557,5	557,5	Siedeflüssigkeit Aethylbromid von Merck.
	2 40	37,95	n 37,83	—	—	—	—	—	
	2 51	37,95	v 37,84	542,8	566,7	581,8	557,5	557,5	
	2 56	37,95	n 37,87	—	—	—	—	—	
	3 6	37,95	v 37,84	542,8	566,8	582,0	557,5	557,5	
	3 11	37,95	n 37,87						
4	9 50	46,55	v 46,40	733,5	762,0	782,5	747,5	750,5	Siedeflüssigkeit Schwefelkohlenstoff.
	55	46,55	n 46,47	734,2	762,5	783,0	748,0	750,5	
	10 3	46,55	v 46,46	734,1	763,0	783,5	749,5	751,5	
	7	46,55	n 46,49	735,0	763,0	784,0	749,8	751,7	Bis 10 h. 20 m. Therm.-Kugel und Dilatometer-Kugeln etwa 7 cm über dem Boden.
	15	46,55	v 46,46	735,0	763,0	784,0	749,8	752,0	
	20	46,55	n 46,49	735,0	763,0	784,2	750,0	752,3	
		46,55							Therm.-Kugel im Wasser etwa 1 cm über dem Boden.
	28	46,55	46,46	—	—	—	—	—	
	29	46,55	v 46,46	735,0	763,0	784,0	750,0	752,3	Von hier an Thermometer-Kugel wieder etwa 7 cm über dem Boden des Wasserbades.
	32	46,55	n 46,48	735,0	763,0	784,0	750,0	752,3	
	40	46,55	v 46,45	735,0	763,0	784,0	750,0	752,3	
	42	46,55	n 46,48	735,0	763,0	784,0	750,0	752,3	
5	11 52	46,55	v 46,38	82,8	82,8	57,5	86,0	73,5	Siedeflüssigkeit Schwefelkohlenstoff.
	58	46,55	n 46,40	82,5	83,0	57,5	88,0	74,8	
	12 8	46,55	v 46,41	83,0	83,5	57,8	90,0	75,0	
	11	46,55	n 46,43	83,0	83,5	57,8	90,0	75,3	
	24	46,55	v 46,43	83,0	84,0	58,0	90,0	75,5	Thermometer- und Dilatometer-Kugeln im Bade etwa 7—8 cm unter dem Deckel befindlich.
	27	46,55	n 46,45	83,0	84,0	58,0	90,0	75,7	
	42	46,55	v 46,46	83,5	84,2	58,3	90,0	75,5	
	45	46,55	n 46,44	83,5	84,2	58,3	90,0	75,5	
	1 3	46,55	46,45	—	—	—	—	—	Therm.-Kugel im Wasser etwa 7 cm über dem Boden.
	7	46,55	46,46	82,8	84,2	58,0	90,0	75,3	Von hier Therm.-Kugel wieder etwa 7 cm unter dem Deckel.
	10	46,55	46,44	83,0	84,2	58,0	90,0	75,5	
6	2 30	61,50	v 61,32	411,3	420,5	402,5	417,5	408,3	Siedeflüssigkeit Chloroform.
	35	61,50	n 61,37	411,5	420,8	402,5	418,0	408,5	
	47	61,50	v 61,34	411,5	421,3	402,5	418,5	409,5	
	52	61,50	n 61,38	411,7	421,8	403,0	419,0	410,0	
	3 1	61,50	v 61,35	411,5	421,8	403,0	419,5	410,0	
	3	61,50	n 61,41	412,0	422,0	403,3	420,0	410,0	
	16	—	v 61,37	412,0	422,2	403,5	420,0	410,0	Thermometer- und Dilatometer-Kugeln im Wasserbade in etwa 1/3 Höhe des Gefäßes befindlich.
	19	61,60	n 61,45	412,2	422,5	404,0	420,0	410,0	
	30	61,60	v 61,40	412,3	422,5	404,5	420,0	410,0	
	33	61,60	n 61,46	412,5	422,5	404,5	420,0	410,5	
	4 0	61,60	v 61,42	412,5	422,8	404,2	420,0	410,3	
	2	61,60	n 61,46	412,5	422,5	404,5	420,0	410,5	
7	10 36	78,50	v 78,26	792,5	808,5	803,0	798,5	794,0	Siedeflüssigkeit absoluter Alkohol.
	40	78,50	n 78,36	793,0	808,8	803,5	798,5	794,5	
	11 7	78,50	v 78,27	793,5	808,8	804,0	798,5	794,5	
	10	78,50	n 78,36	793,5	809,0	804,2	799,0	794,5	
	24	78,50	v 78,27	793,0	808,5	803,8	798,5	794,0	Thermom.- und Dilat.-Kugeln etwa 1—2 cm über dem Boden des Wasserbades.
	27	78,50	n 78,36	793,0	808,5	803,8	798,5	794,3	
	34	78,50	v 78,27	793,0	808,8	804,0	798,8	794,5	
	36	78,50	n 78,35	793,0	808,8	804,2	799,0	794,5	
		78,50	v 78,22	—	—	—	—	—	Hier Thermom.-Kugel in 1/2 Höhe über dem Boden des Wasserbades.
		78,50	n 78,30	—	—	—	—	—	
	49	78,50	v 78,25	792,8	808,8	803,8	798,5	794,0	Thermom.-Kugel wieder in gleicher Höhe mit Dilat.-Kugeln 1—2 cm über Gefäßboden.
	52	78,50	n 78,34	793,0	808,8	803,8	798,5	794,3	

im Maximum um 0,09°, dadurch daß die dem heißeren Dampf am nächsten liegenden Wassertheile fortwährend nach der Mitte des Wasserbades abgeführt werden. Bei der Berechnung der Ausdehnungskoeffizienten nimmt man zur Vermeidung eines größeren Fehlers das Mittel aus der vor und nach dem Rühren beobachteten Badwärme.

2. Versuchs-Ergebnisse.

Die auf die vorstehend beschriebene Weise bei Anwendung der Bäder A und B erhaltenen Ausdehnungskoeffizienten einer größeren Reihe von Oelen sind nun in den Tabellen 7a und b (S. 60 und 61) nach der Herkunft der Oele geordnet nebst den übrigen physikalischen Eigenschaften der betreffenden Produkte verzeichnet. Die in den Tabellen 8a und b (S. 62 bis 65) zusammengestellten Einzelbestimmungen sind zu den Schaulinien (Fig. 8) vereinigt. Der in den Tabellen 7a und b gezogene Vergleich der Ausdehnungskoeffizienten der verschiedenen Oele bei verschiedenen Wärmegraden zeigt, daß die Mineralschmieröle verschiedener Herkunft nicht größere Unterschiede in der Ausdehnung aufweisen.

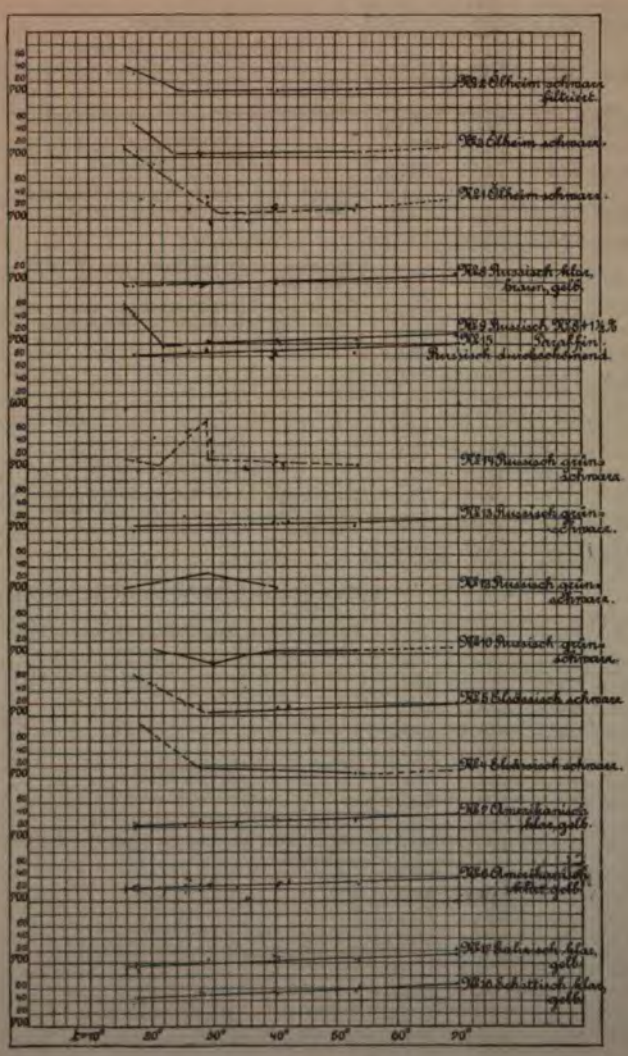


Fig. 8.

Das elsasser Produkt Nr. 3, welches die größte Ausdehnung bei geringstem spezifischen Gewicht zeigt, kann wegen seiner petroleumartigen Konsistenz und seines offenbar stark zersetzten Zustandes nicht mehr als Schmieröl angesehen werden. Das Gesetz, daß dem höheren spezifischen Gewicht ein geringerer Ausdehnungskoeffizient entspricht, trifft auch bei den Mineralschmierölen mehrfach zu. Der Gehalt an Paraffin, welcher eigenthümlicher Weise trotz des hohen spezifischen Gewichtes von reinem Paraffin das spezifische Gewicht der Mineralöle verringert[1]), bewirkt auch eine Erhöhung des Ausdehnungs-

[1]) Diese Erscheinung hat auch Herr Dr. Albrecht, wie er der Versuchsanstalt persönlich mittheilte, früher beobachtet; sie ist auf die außerordentlich große Ausdehnung des Paraffins bei der Verflüssigung in flüssigen Kohlenwasserstoffen zurückzuführen.

koeffizienten. Hierin ist es wohl zum Theil begründet, daß die paraffinreichen dünnflüssigen amerikanischen und schottischen Oele von verhältnißmäßig niedrigem spezifischem Gewicht die höchsten Ausdehnungskoeffizienten zeigen. Die deutschen Oele, welche zwar bei niederen Wärmegraden auch verhältnißmäßig hohe Ausdehnungskoeffizienten besitzen, zeigen bei höheren Wärmegraden (30 bis 50°) keine höheren Ausdehnungskoeffizienten als die russischen Oele, während die amerikanischen Oele und das schottische Produkt auch bei höheren Wärmegraden höhere Ausdehnungszahlen als die russischen und deutschen Oele zeigen. Bei den meisten hellen Oelen verschiedener Herkunft ist, entsprechend dem Verhalten anderer Flüssigkeiten, ein Steigen des Ausdehnungskoeffizienten mit wachsender Wärme zu beobachten. Daß die dunklen deutschen Oele zunächst, wenn sie von 12 bis über 20 C° erhitzt werden, einen bedeutenden Abfall im Ausdehnungskoeffizienten zeigen, ist, wie sich auch aus den weiteren Betrachtungen ergeben wird, im Wesentlichen auf die in diesen Oelen reichlich suspendirten festen Paraffintheilchen zurückzuführen, von denen ein größerer Theil zwischen + 12 und + 20 C° offenbar im Oele schmilzt und hierbei eine große Ausdehnung erleidet. Diese Ansicht findet eine experimentelle Bestätigung in dem Verhalten des paraffinfreien russischen Oeles Nr. 8 und desselben mit 1½% Paraffin versetzten Oeles Nr. 9. Während ersteres den anfänglichen Koeffizienten 697 bei 15,9 C° auch bei höheren Wärmegraden fast unverändert beibehält, zeigt das paraffinhaltige Oel einen bedeutend höheren Koeffizienten bei niederen Wärmegraden, welcher nach dem völligen Schmelzen des Paraffins, d. h. bei etwa 20 C° plötzlich stark abnimmt und erst bei weiterem Ansteigen der Wärme allmählich zunimmt. Die Ausdehnung der völlig flüssigen Mischung ist nur wenig größer als diejenige des paraffinfreien Oeles. Das Oel Nr. 9 zeigte bei 12 bis 15 C° gleichmäßig durch die ganze Masse vertheilte sehr feine Paraffinabscheidungen, die bei 20 C° völlig verschwanden. Die gute Uebereinstimmung der Kontrolversuche mit zwei Proben dieser Mischung spricht für eine ziemlich gleichmäßige Vertheilung des Paraffins in der Mischung vor Beginn des Schmelzens. Die mit f bezeichneten Ausdehnungskoeffizienten der Mischung wurden mit dem bei etwa 15 C° filtrirten, also von wenig Paraffin befreiten Oele Nr. 9 bestimmt und sind daher etwas kleiner als die Koeffizienten des genau 1½% Paraffin enthaltenden Oeles. In wie weit auch feste Asphalttheilchen durch etwaiges Schmelzen im Oel die Ausdehnung beeinflussen, wird später einer besonderen Untersuchung unterzogen werden.

Die schwarzen dickflüssigen Produkte Nr. 1 und 14, bei denen theilweise schon äußerlich in dünnen Schichten die ungleichmäßige Vertheilung fester Partikelchen zu erkennen waren, zeigten bei Kontrolversuchen besonders hohe Differenzen. Es ist nicht ausgeschlossen, daß diese Differenzen nicht nur auf die verschiedenartige Vertheilung fester beim Erwärmen schmelzender Theile, sondern besonders bei dem dicken Produkt 14 auch noch auf weitere sich der sonstigen Beobachtung entziehende Konsistenzunterschiede zurückzuführen sind. Dieses Oel scheint überhaupt ausschließlich aus Destillationsrückstand zu bestehen. Bei höheren Wärmegraden, wo bei mehreren Proben desselben Oeles immerhin gleichmäßigere flüssige Massen vorliegen, sind auch die Differenzen bei Kontrolversuchen geringere. Die Untersuchung des bei etwa + 8 bis + 20 C° filtrirten Oeles 2 bestätigt das vorstehend gekennzeichnete eigenthümliche Verhalten der festen Paraffintheile in dunklen Mineralschmierölen. Das filtrirte Oel zeigt nämlich, da es theilweise von den bei 12 bis 15 C° festen Theilen befreit ist, kleinere Ausdehnungskoeffizienten wie das nicht filtrirte Oel. Würde man das Oel bei einer unter 12 C° liegenden Wärme filtriren, so würden die Ausdehnungskoeffizienten natürlich noch kleiner werden. Wie zu erwarten war, zeigen die Ausdehnungskoeffizienten des filtrirten und nicht filtrirten Oeles bei höheren Wärmegraden, wo also wiederum kein Schmelzen fester

Tabelle 8a. Uebersicht über die Einzel-

Anm. zur Tabelle: Die den Ausdehnungskoeffizienten rechts oben beigefügten

Lfd. Nr. des Oeles (wie in Tab. 7a)			1			2		3	4
Herkunft			Deutsch Oelheim			Deutsch Oelheim		Deutsch Elsaß	Deutsch Elsaß
t C°	t_1 C°	Mittlerer Wärmegrad C°	Ausdehnungskoeffizienten kalt filtrirt						
11,7	20,0	15,9	816 l		817 h		744 l	—	—
12,9	21,2	17,1		—		—		—	—
13,3	21,3	17,3		—		755 k	733 l	—	785 l
13,3	22,2	17,8		—		751 k		—	783 l
11,7	24,0	17,9	810 l		803 h		737 l	—	—
14,6	22,0	18,4		732 a		—		—	—
15,1	25,9	20,5	723 a		789 h	—		—	—
15,0	26,4	20,7		—		—		819	—
20,0	24,0	22,0	793 l		770 h		719 l	—	—
21,2	30,35	25,7		—		—		—	—
21,3	29,5	25,4		—		—		—	—
21,2	31,2	26,2		—		—		—	—
22,2	30,35	26,3		717 a		—		—	—
22,2	31,2	26,7		—		—		—	—
21,3	34,47	27,9		—		709 k		—	717 l
22,2	33,82	28,0		—		706 k		—	716 l
24,0	34,24	29,1	737 l			—		—	—
24,0	34,63	29,3	729 h			—		—	—
24,0	34,81	29,4		—			707 l	—	—
25,9	33,62	29,7		695 a		—		—	—
25,9	34,02	30,0		691 a		—		—	—
26,4	37,70	32,1		—		—		793	—
29,5	37,86	33,7		—		—		—	—
30,35	39,97	35,15	710 a		710 a	—		—	—
31,2	39,97	35,60		698 a		—		—	—
33,82	45,74	39,8		—		709 k		—	712 l
34,02	45,74	39,9		720 a		—		—	—
34,24	46,27	40,24		718 l		—		—	—
34,47	46,47	40,47		—		—		—	—
34,63	46,35	40,53		724 h		—		—	—
34,81	46,42	40,6		—			707 l	—	—
37,86	46,47	42,2		—		—		—	—
46,22	60,06	53,1		715 a		710 k		—	708 l
46,3	60,85	53,60		—			710 l	—	—
46,28	60,96	53,62		723 h		—		—	—
46,45	61,44	54,0		—		—		—	—
60,85	78,1	69,5		—			714 l	—	—
61,44	78,30	69,9		—		—		—	—
Bemerkungen									

Bestimmungen der Ausdehnungskoeffizienten.

Buchstaben bezeichnen die Röhren, in denen die Bestimmungen ausgeführt wurden.

5	6	7	8	9
Deutsch Elsaß	Amerikanisch	Amerikanisch	Russisch	Russisch (Nr. 8 + 1½% Paraffin)
$a \times 1000000$				
	erhitzt			
—	726 m 721 k 718 k	—	697 l	758 l 763 m
—	724 c	—	—	—
766 l	718 h 721 k	719 k 728 m	693 e	745 l 748 m
	723 l			
—	720 k [1])	726 m	—	—
—	723 k 725 m 718 k	—	698 l	740 l 742 m
—	—	—	—	—
—	721 k	—	—	—
750	—	—	—	—
—	723 k 718 m [713 k]	—	697 l	f 691 h [1]) 697 l 694 m
—	[737 c]	—	—	—
718 l	[714 h] 727 l	724 k	—	—
—	[734 c]	—	—	—
—	—	—	—	—
—	—	—	693 h [1])	—
715 l	719 h 728 l	730 m 723 k	695 h [2])	—
—	—	728 m	—	—
—	727 m	—	698 l	f 701 h
—	725 k	—	—	—
—	728 k	—	—	704 l 704 m
—	—	—	—	—
—	—	—	—	—
—	—	—	—	—
706	722 h 724 l	(723 k)	—	—
—	[703 c] [704 c]	—		—
—	[703 c]	—	—	—
—	—	734 k	—	—
—	—	—	—	—
—	726 m	—	699 l	f 701 h
712 l	730 h 729 l	731 k	701 h [3])	—
—	729 k	—	—	—
—	731 k	—	—	705 l 705 m
714 l	733 h 731 l	730 k	—	—
—	—	730 m	—	—
—	—	—	705 h [4])	708 m
—	728 k	—	—	—
713 l	732 l	734 k	—	—
—	739 k	—	713 h [5])	716 l 715 m
720 l	742 h 739 l	741 k	—	—

[1]) 12,9—20,0 C°
Mittel 16,5 C°.

[1]) 19,0—34,48 C°
Mittel 26,7 C°.
[2]) 19,0—38,08 C°
Mittel 28,5 C°.
[3]) 34,48—46,08 C°
Mittel 40,3 C°.
[4]) 46,28—61,27 C°
Mittel 53,8 C°.
[5]) 61,27—77,86 C°
Mittel 69,6 C°.

[1]) Das den Zahlen vorgesetzte f bezeichnet die Bestimmungen, bei denen das Oel von wenig Paraffin durch Filtriren befreit wurde.

Tabelle 8a. Uebersicht über die Einzel-

Anm. zur Tabelle: Die den Ausdehnungskoeffizienten rechts oben beigefügten

Lfd. Nr. des Oeles (wie in Tab. 7a)			1			2		3	4
Herkunft			Deutsch Oelheim			Deutsch Oelheim		Deutsch Elsaß	Deutsch Elsaß
t C°	t_1 C°	Mittlerer Wärmegrad C°	Ausdehnungskoeffiziente kalt filtrirt						
11,7	20,0	15,9	816 l		817 h		744 l	—	—
12,9	21,2	17,1		—		—		—	—
13,3	21,3	17,3		—		755 k	733 l	—	785 l
13,3	22,2	17,8		—		751 k		—	783 l
11,7	24,0	17,9	810 l		803 h		737 l	—	—
14,6	22,0	18,4		732 a		—		—	—
15,1	25,9	20,5	723 a		789 h	—		—	—
15,0	26,4	20,7		—		—		819	—
20,0	24,0	22,0	793 l		770 h		719 l	—	—
21,2	30,35	25,7		—		—		—	—
21,3	29,5	25,4		—		—		—	—
21,2	31,2	26,2		—		—		—	—
22,2	30,35	26,3		717 a		—		—	—
22,2	31,2	26,7		—		—		—	—
21,3	34,47	27,9		—		709 k		—	717 l
22,2	33,82	28,0		—		706 k		—	716 l
24,0	34,24	29,1	737 l					—	—
24,0	34,63	29,3	729 h			—		—	—
24,0	34,81	29,4		—			707 l	—	—
25,9	33,62	29,7		695 a		—		—	—
25,9	34,02	30,0		691 a		—		—	—
26,4	37,70	32,1		—		—		793	—
29,5	37,86	33,7		—		—		—	—
30,35	39,97	35,15	710 a		710 a	—		—	—
31,2	39,97	35,60		698 a		—		—	—
33,82	45,74	39,8		—		709 k		—	712 l
34,02	45,74	39,9		720 a		—		—	—
34,24	46,27	40,24		718 l		—		—	—
34,47	46,47	40,47		—		—		—	—
34,63	46,35	40,53		724 h		—		—	—
34,81	46,42	40,6		—			707 l	—	—
37,86	46,47	42,2		—		—		—	—
46,22	60,06	53,1		715 a		710 k		—	708 l
46,3	60,85	53,60		—			710 l	—	—
46,28	60,96	53,62		723 h		—		—	—
46,45	61,44	54,0		—		—		—	—
60,85	78,1	69,5		—			714 l	—	—
61,44	78,30	69,9		—		—		—	—
Bemerkungen									

Bestimmungen der Ausdehnungskoeffizienten.

Buchstaben bezeichnen die Röhren, in denen die Bestimmungen ausgeführt wurden.

5	6	7	8	9
Deutsch Elsaß	Amerikanisch	Amerikanisch	Russisch	Russisch (Nr. 8 + 1½% Paraffin)
$a \times 1000000$	erhitzt			
—	726 m 721 k 718 k	—	697 l	758 l — 763 m
—	724 c	—	—	—
766 l	718 h 721 k	719 k 728 m	693 e	745 l 748 m
	723 l			
—	720 k [1])	726 m	—	—
—	723 k 725 m 718 k	—	698 l	740 l 742 m
—	—	—	—	—
—	721 k	—	—	—
750	—	—	—	—
—	723 k 718 m [713 k]	—	697 l	f 691 h [1]) 697 l 694 m
—	[737 c]	—	—	—
718 l	[714 h] 727 l	724 k	—	—
—	[734 c]	—	—	—
—	—	—	—	—
—	—	—	693 h [1])	—
715 l	719 h 728 l	730 m 723 k	695 h [2])	—
—	—	728 m	—	—
—	727 m	—	698 l	f 701 h
—	725 k	—	—	—
—	728 k	—	—	704 l 704 m
—	—	—	—	—
—	—	—	—	—
—	—	—	—	—
706	722 h 724 l	(723 k)	—	—
—	[703 c] [704 c]	—		—
—	[703 c]	—	—	—
—	—	734 k	—	—
—	—	—	—	—
—	726 m	—	699 l	f 701 h
712 l	730 h 729 l	731 k	701 h [3])	—
—	729 k	—	—	—
—	731 k	—	—	705 l 705 m
714 l	733 h 731 l	730 k	—	—
—	—	730 m	—	—
—	—	—	705 h [4])	708 m
—	728 k	—	—	—
713 l	732 l	734 k	—	—
—	739 k	—	713 h [5])	716 l 715 m
720 l	742 h 739 l	741 k	—	—

[1]) 12,9—20,0 C°
Mittel 16,5 C°.

[1]) 19,0—34,48 C°
Mittel 26,7 C°.
[2]) 19,0—38,08 C°
Mittel 28,5 C°.
[3]) 34,48—46,08 C°
Mittel 40,3 C°.
[4]) 46,28—61,27 C°
Mittel 53,8 C°.
[5]) 61,27—77,86 C°
Mittel 69,6 C°.

[1]) Das den Zahlen vorgesetzte f bezeichnet die Bestimmungen, bei denen das Oel von wenig Paraffin durch Filtriren befreit wurde.

Tabelle 8b. **Uebersicht über die Einzel-**

Lfd. Nr. des Oeles (wie in Tab. 7b)			10	11	12
Herkunft			Russisch	Russisch	Russisch (filtrirt)
t C°	t^1 C°	Mittlerer Wärmegrad C°	Ausdehnungskoeffizienten		
11,7	20,0	15,9	—	—	707 k
12,9	21,2	17,1	—	—	—
13,3	21,3	17,3	—	—	—
13,3	22,2	17,8	—	—	—
11,7	24,0	17,9	—	—	710 k
15,1	25,9	20,5	708 c	709 [1])	—
20,0	24,0	22,0	—	—	717 k
21,3	29,5	25,4	—	—	—
21,2	30,35	25,7	—	—	—
21,2	31,2	26,2	—	—	—
21,3	34,47	27,9	—	—	—
22,2	33,62	27,9	—	—	—
22,2	33,82	28,0	—	—	—
24,0	34,24	29,1	—	—	729 k
24,0	34,63	29,3	—	—	—
25,9	33,62	29,7	686 c	—	—
25,9	34,02	30,0	685 c	697 [2])	—
30,35	39,97	35,15	—	—	—
31,2	39,97	35,60	—	—	—
33,62	45,74	39,7	—	—	—
34,02	45,74	39,9	705 c	—	—
33,82	45,74	39,8	—	—	—
34,24	46,27	40,2	—	—	706 k
34,63	46,35	40,5	—	—	—
34,81	46,42	40,6	—	—	—
37,86	46,47	42,2	—	—	—
46,22	60,06	53,1	706 c	—	—
46,28	60,96	53,6	—	—	—
46,45	61,44	54,0	—	—	—
60,85	78,10	69,5	—	—	—
61,44	78,30	69,9	—	—	—
Bemerkungen				[1]) 15,0—26,4 C° Mittel 20,7 C°. [2]) 26,4—37,70 C° Mittel 32,1 C°.	

Theile mehr stattfindet, keine nennenswerthen Unterschiede. Bei den hellen klaren, also in allen Theilen sicher völlig flüssigen Oelen betragen die Differenzen bei Kontrolbestimmungen mit Proben der gleichen Oele in verschiedenen Röhren in der Regel für die Wärmestufen 8 bis 12 C° nur einige Einheiten der 6. Dezimale — ganz gleich, bei welchen Wärmegraden die Bestimmungen stattfanden. Die aus den Schaulinien bei hellen Oelen entnommenen Werthe zeigen daher nur sehr geringe Ungenauigkeit in der 6. Dezimale.

Einfache Beziehungen der Ausdehnungskoeffizienten zur Veränderung des Flüssigkeitsgrades mit wachsender Wärme sind aus den in der Haupttabelle 7a und b und den Schaulinien (Fig. 8) enthaltenen Versuchsergebnissen nicht zu erkennen. So konnte

Bestimmungen der Ausdehnungskoeffizienten.

13	14	15	16	17
Russisch?	Russisch	Russisch (in der Versuchsanstalt aus Rohöl destillirt)	Schottisch	Galizisch
$\alpha \times 1000000$				
—	716[c] 696[i]	—	—	686[a] 691[h]
—	712[b]	—	—	—
699[m]	—	682[e]	745[l]	692[a] 693[h] 700[h]
—	—	—	744[l]	699[h]
—	717[c] 696[i]	—	—	690[a] 689[h]
—	750[b] 700[i]	—	—	—
—	714[c] 692[i]	(674[e])	—	696[a] [680[h]]
723[m]	—	—	—	—
—	759[b]	—	—	—
—	761[b]	687[i1]) 689[m1])	749[k 1])	—
721[m]	—	—	—	—
—	—	—	754[l]	701[h]
—	—	690[i2]) 688[m2])	753[l]	700[h]
—	775[c]	—	750[k 2])	700[a] 706[h 1])
—	714[i]	—	—	—
—	745[b]	—	—	—
—	728[b]	—	—	—
708[m 1])	700[b] 702[b]	—	—	—
—	699[b]	—	—	—
—	—	(678[e])	—	—
713[f]	707[b]	689[e]	—	—
—	—	—	756[l]	712[h]
—	719[c]	688[i3]) 684[m3])	752[k 3])	—
710[m]	706[i]	—	—	—
—	—	—	—	705[a] 710[h]
713[m]	—	—	—	—
708[f]	—	(686[e])	755[l]	708[h]
—	705[i]	699[i4]) 697[m4])	764[k 4])	703[a] 707[h 2])
713[m]	—	—	—	—
—	—	701[i5]) 701[m5])	768[k 5])	713[a] 722[h]
720[m]	—	—	—	—

[1]) 29,5—37,86 C° Mittel 33,7 C°.

[1]) 19,0—34,48 C° Mittel 26,7 C°.
[2]) 19,0—38,08 C° Mittel 28,5 C°.
[3]) 34,48—46,08 C° Mittel 40,3 C°.
[4]) 46,29—61,27 C° Mittel 53,8 C°.
[5]) 61,27—77,86 C° Mittel 69,6 C°.

[1]) 19,0—34,48 C° Mittel 26,7 C°.
[2]) 19,0—38,08 C° Mittel 28,5 C°.
[3]) 34,48—46,08 C° Mittel 40,3 C°.
[4]) 46,29—61,27 C° Mittel 53,8 C°.
[5]) 61,27—77,86 C° Mittel 69,6 C°.

[1]) 24,0—34,81 C° Mittel 29,4 C°.
[2]) 46,30—60,85 C° Mittel 53,6 C°.

z. B. die von Dr. Albrecht[1]) angenommene Beziehung, daß einem größeren Flüssigkeitsgradsgefälle zwischen 20 und 50 C° auch ein größerer Ausdehnungskoeffizient zu Grunde liegt, nicht bestätigt werden. Gegen dieses Parallelgehen von Flüssigkeitsgradsgefälle und Ausdehnungsvermögen spricht z. B. auch das Wachsen des Ausdehnungskoeffizienten mit steigender Wärme bei schwächer werdendem Flüssigkeitsgradsgefälle. Letzteres ergiebt sich aus den Flüssigkeitsgradkurven bis 100 C°.

Freilich war vorauszusehen, daß besonders diejenigen Oele, welche unter 20 C° Paraffinabscheidungen ꝛc. enthielten, zwischen 12 und 20 C° ein bedeutend stärkeres Flüssigkeitsgrads-

[1]) Glasers Ann. 1892, Nr. 360, S. 234; Nr. 368, S. 157.

gefälle zeigen mußten, als die von solchen Theilen freien Oele; denn die in ersteren bei 12 C° enthaltenen festen Theile mußten das Ausfließen im Englerschen Apparat besonders verlangsamen, d. h. den Flüssigkeitsgrad bedeutend erhöhen. Die in dieser Richtung vorgenommenen Versuche bestätigten die obige Vermuthung, insbesondere auch bei Oelen, welche zwischen 20 und 50 C° keinen wesentlichen Unterschied im Flüssigkeitsgradsgefälle zeigten.

Der Vergleichung halber sind noch in der Tabelle 9 die Ergebnisse der mit je einem Olivenöl und raffinirtem Rüböl ausgeführten Bestimmungen von Ausdehnungskoeffizienten bei verschiedenen Wärmegraden mitgetheilt.

Tabelle 9. **Ausdehnungskoeffizienten von fetten Oelen.**

Einzelbestimmungen.

Wärmestufe von	19,0—34,48 C°	19,0—38,08 C°	34,48—46,08 C°	46,29—61,27 C°	61,27—77,86 C°
Mittel C°	26,7	28,5	40,3	53,8	69,6
Olivenöl $\alpha \times 1000000$	729 [1]	751 [1]	(779) [1]	755 [1]	759 [1]
Rüböl, raff. $\alpha \times 1000000$	736 [a]	737 [a]	740 [a]	744 [a]	741 [a] [*])
Bemerkungen	*) Diese Bestimmung hat eine große Ungenauigkeit in der 6. Dezimale, weil bei der Beobachtung der Oelfaden im Dilatometer-Rohr etwa 4 mm über die Theilung hinausragte und nur annähernd genau gemessen wurde.				

Wegen der wichtigen Rolle, welche gerade das eigenthümliche Verhalten der festen Paraffin- und Asphalttheile in den dunklen Mineralschmierölen in vielen streitigen Fällen bei Lieferungen von Eisenbahnölen spielt, mag hier noch auf das physikalische Verhalten dieser Theile kurz eingegangen werden. Bei der Bestimmung des Flüssigkeitsgrades des paraffinhaltigen Oeles Nr. 9 zeigte sich, daß die Einzelbestimmungen der Ausflußzeiten bei 12 C° in der Reihenfolge, in welcher sie ausgeführt wurden, wachsende Werthe ergaben; diese Beobachtung wurde auch schon früher gelegentlich mit dunklen paraffinhaltigen Oelen bei 20 C° gemacht, während bei völlig flüssigen Oelen die Differenzen der Ausflußzeiten bei Kontrolversuchen mit demselben Oel nie die normalen Fehlergrößen überschritten. Das Wachsen der Ausflußzeiten des paraffinhaltigen Oeles bei 12 C°, welches auf diesen Wärmegrad von einer höheren Wärme abgekühlt worden war, zeigt, daß die Ausscheidung von Paraffin, welches das Oel bei 12 C° nicht mehr gelöst enthalten kann, ganz allmählich vor sich geht und mindestens mehrere Stunden in Anspruch nimmt. Umgekehrt wird auch das Schmelzen des Paraffins längere Zeit beanspruchen, wie man sich jederzeit durch einen einfachen Versuch überzeugen kann. (Aehnliche Erscheinungen zeigen ja auch die im Erstarren und Schmelzen begriffenen Fette der Glycerid-Gruppen.) Wie bei einer Wärme über 0°, so können sich natürlich auch bei einem niederen Wärmegrade die Paraffinausscheidungen in mehr oder weniger großer Menge im Oel finden, je nach der Zeit, welche das Oel den betreffenden Wärmegrad besitzt, und je nach den Umständen der vorhergehenden Behandlung, z. B. je nachdem das Oel vorher mehr oder weniger stark überkältet oder überhitzt war. Lassen diese Verhältnisse, auf welche schon mehrfach an einzelnen Beispielen früher hingewiesen war[1]), die Schwierigkeit erkennen, einen konstanten Zustand einer Probe des Oeles für einen bestimmten Wärmegrad zu verschiedenen Beobachtungszeiten zu erhalten, so ist die Schwierigkeit, in verschiedenen Proben desselben Oeles zu verschiedenen Zeiten einen gleichen Zustand zu erhalten, abgesehen von den

[1]) Mittheilungen 1889 S. 24 u. 119, 1892 S. 125.

vorgenannten Einflüssen, auch wegen der verschiedenen Vertheilung der festen Ausscheidungen in den zähflüssigen dunklen Produkten noch größer. Diese Unterschiede werden sich z. B. bei der Prüfung der Kältebeständigkeit um so mehr bemerkbar machen, je feiner die Beobachtungsmethode ist, und geben den Aufschluß für die erheblichen Differenzen, welche bei Feststellung der Kältebeständigkeit der Oele im U-Rohr immer noch bei einzelnen Oelen gefunden werden, und nach den bisherigen Versuchen ihre Ursache nicht in den Fehlern der Methode haben konnten[1]). Die Schwierigkeit, welche das Material hier einer sonst zuverlässigen Methode entgegensetzt, ist immerhin von praktischer Tragweite, da es für den Bahnbetrieb erwünscht ist, daß das Mineralöl an keinen Stellen feste Paraffintheile oder Asphalttheilchen enthält. Wenn auch nach den neueren Vorschriften über die Kältebeständigkeit die Klagen über Stocken des Oeles in den Schmierdochten zurückgegangen sind, so kommen doch vereinzelte Beschwerden noch vor, daß dem Mineralschmieröl nicht die genügende Saugfähigkeit inne wohne. Der Grund dieser Beschwerden ist vielleicht auf die oben geschilderten Verhältnisse zurückzuführen.

Die vorstehenden Versuchsergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Die schweren zähflüssigen Destillationsprodukte oder Residuen des Rohpetroleums verschiedener Herkunft, welche zum Schmieren von Lokomotiven, Wagenaxen bei Eisenbahnen, sowie sonstigen schwer belasteten Maschinentheilen Verwendung finden und ein spez. Gewicht von mindestens 0,908 haben, zeigen in ihrem Ausdehnungsvermögen zwischen + 20 und + 78 C° keine bemerkenswerthen Unterschiede; der Koeffizient der Ausdehnung schwankt zwischen 0,00070 und 0,00072. Diejenigen unter den letztgenannten Produkten, welche unter 20 C° festes Paraffin suspendirt enthalten, d. h. insbesondere deutsche Oele, zeigen zwischen 12 und 20 C° in Folge Schmelzung der festen Theile einen höheren Ausdehnungskoeffizienten als die übrigen Produkte, nämlich 0,00075 bis 0,00081[2]).

Die schweren leichtflüssigen Destillationsprodukte, welche zum Schmieren leicht gehender Theile, z. B. Spindeln ꝛc., benutzt werden und ein spez. Gewicht unter 0,905 bei 15 C° besitzen, zeigen einen etwas höheren Ausdehnungskoeffizienten als die für schwere Maschinentheile benutzten Oele, nämlich 0,00072 bis 0,00076 zwischen 20 und 78 C°; es sind dies vorwiegend schottische und amerikanische Oele.

Die völlig flüssigen Mineralschmieröle zeigen mit wachsender Wärme ein langsames Steigen der Ausdehnungskoeffizienten entsprechend dem Verhalten der übrigen Flüssigkeiten. Die feste Paraffintheile suspendirt enthaltenden Oele zeigen bis zur völligen Verflüssigung aller schmelzbaren Theile ein Sinken des Ausdehnungskoeffizienten mit steigender Wärme; nach der völligen Verflüssigung tritt wieder mit steigender Wärme Wachsen der Ausdehnungskoeffizienten ein.

Abgesehen von dem durch die Aenderung der Ausdehnung beim Erwärmen gekennzeichneten verschiedenen Paraffingehalt der Mineralschmieröle, weisen die Ausdehnungskoeffizienten im Uebrigen nicht auf bedeutende Unterschiede in der chemischen Zusammensetzung der verschiedenen Mineralschmieröle hin. Zur Charakterisirung eines Gehaltes an festem Paraffin

---

[1]) Mittheilungen 1889 S. 24 u. 119, 1892 S. 126.

[2]) Herr Dr. Albrecht fand allerdings bedeutend größere Unterschiede in den Ausdehnungskoeffizienten von Mineralschmierölen verschiedener Herkunft, nämlich

bei deutschem	Schmieröl	0,0004,
" russischem	"	0,0007,
" amerikanischem	"	0,0005.

und der Herkunft der Oele liefert die Bestimmung des Ausdehnungskoeffizienten geeignetes Material.

Nicht uninteressant wäre es, wenn die von Kraemer und Spilker[1]) hergestellten Kondensationsprodukte von Pseudocumol und Allyl-Alkohol, welche die genannten Autoren als Träger der Viskosität in den Mineralschmierölen betrachten, auf ihr Ausdehnungsvermögen untersucht würden.

Die Korrektur für die spezifischen Gewichte beträgt nach den vorstehenden Untersuchungsergebnissen für Steigerung der Wärme um je 1 C° 0,00063 bis 0,00072, so daß man ohne erheblichen Fehler 0,00068 als mittlere Korrektur bei Mineralschmierölen anwenden kann. Diese Angabe ist aber zunächst nur für die bei Zimmerwärme noch bequem fließenden Oele zu benutzen. Bei Bestimmung des spezifischen Gewichtes für höhere Wärmegrade ist auch noch die Ausdehnung des Pyknometergefäßes zu berücksichtigen. Die Korrektur für die nicht mehr oder nur noch eben fließenden Cylinderöle soll noch später nach Ausbildung einer geeigneten Methode für die Untersuchung dieser Produkte auf Ausdehnungsvermögen festgesetzt werden.

Bei Ausführung der vorstehenden Untersuchungen hat mich Herr Dr. Ruhemann mehrfach in dankenswerther Weise unterstützt.

---

3. Bestimmung der Festigkeitseigenschaften im Papier.

Vom Abtheilungsvorsteher W. Herzberg.

Die erste Darstellung über die Art und Weise der in der Versuchsanstalt üblichen Ausführung von Festigkeitsprüfungen mit Papier wurde in meinem „Leitfaden für Papierprüfung" Berlin 1888 gegeben. Nach der Herausgabe des Leitfadens hat sich in der Versuchsausführung auf Grund der Erfahrungen, welche in den letzten Jahren bei den amtlichen Papierprüfungen und bei der Ausführung wissenschaftlicher Arbeiten gewonnen wurden, manches geändert. Theilweise sind diese Veränderungen in den „Mittheilungen" veröffentlicht, theilweise sind sie noch nicht bekannt gegeben. Da die Versuchsausführung in nächster Zeit voraussichtlich keine wesentlichen Aenderungen erfahren dürfte, so erschien es zweckmäßig, den heutigen Stand der amtlichen Prüfung der Festigkeit des Papiers in einem zusammenhängenden Bericht zu schildern, um namentlich der Industrie leichter als es jetzt möglich ist, Gelegenheit zu geben, ihre Festigkeitsprüfungen in derselben Weise wie die Versuchsanstalt zur Ausführung zu bringen.

Unter absoluter Festigkeit eines Papiers versteht man denjenigen Widerstand, welchen es dem Zerreißen entgegensetzt; dieser Widerstand giebt an sich noch kein Mittel an die Hand, die Güte des Papiers ohne weiteres zu beurtheilen, da er abhängig ist von der Dicke und Breite des Probestreifens; wir werden jedoch später sehen, wie die mit Hülfe von Zerreißmaschinen gewonnenen Festigkeitswerthe unabhängig von diesen beiden Faktoren zur Beurtheilung der Qualität eines Papiers herangezogen werden können.

Die Festigkeit eines Papiers ist durchaus nicht nach allen Richtungen gleich groß. Maschinenpapier hat beispielsweise in der Richtung des Maschinenlaufes seine größte, in der

---

[1]) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1891, XXIV, 2785.

Richtung senkrecht hierzu seine geringste Festigkeit, vermuthlich, weil die Fasern sich in der Richtung des Maschinenlaufes inniger verfilzen können als in der Querrichtung. Das Verhältniß der geringeren Festigkeit zur größeren schwankt zwar, hält sich jedoch meist zwischen den Grenzen 60 : 100 bis 75 : 100; jedoch kommen auch Fälle vor, in denen die Festigkeitswerthe in der Längs- und Querrichtung wesentlich mehr, und andere, in denen sie wesentlich weniger von einander abweichen, wie nachfolgende Zusammenstellung an einigen Beispielen zeigt.

Laufende Nr.	Art des Papiers	Reißlänge		Verhältniß von Querrichtung zu Längsrichtung	Bruchdehnung		Verhältniß von Querrichtung zu Längsrichtung
		Querrichtung km	Längsrichtung km		Querrichtung %	Längsrichtung %	
1	Schreibpapier	1,57	4,73	33 : 100	1,7	1,5	113 : 100
2	„	2,21	5,46	39 : 100	2,4	1,9	126 : 100
3	Packpapier	3,76	9,76	39 : 100	4,6	2,1	219 : 100
4	„	4,25	9,06	47 : 100	6,7	2,8	239 : 100
5	Konzeptpapier	3,57	7,01	51 : 100	4,1	1,4	293 : 100
6	Schreibpapier	4,06	4,79	85 : 100	4,5	3,3	136 : 100
7	„	4,22	4,80	88 : 100	3,2	2,0	160 : 100
8	Urkundenpapier	6,05	6,76	90 : 100	6,4	4,9	131 : 100
9	Schreibpapier	4,22	4,69	90 : 100	3,0	2,0	150 : 100
10	Kanzleipapier	4,05	4,44	91 : 100	4,6	3,2	156 : 100
11	Schreibpapier	4,37	4,60	95 : 100	6,3	3,3	191 : 100
12	„	4,11	4,17	99 : 100	4,1	2,4	171 : 100

Ebenso wie die Festigkeit ist auch die Dehnung des Papiers in den beiden Richtungen verschieden groß; das Verhältniß ist aber hier umgekehrt, indem die Maschinenrichtung die kleinste, die Querrichtung die größte Dehnung aufweist. Die Verhältnißwerthe schwanken noch innerhalb weiterer Spielräume als bei der Festigkeit. (Vergleiche die obige Zusammenstellung.)

Auch beim Handpapier treten, wenn auch nicht in dem Maße wie beim Maschinenpapier, Verschiedenheiten bezüglich der Festigkeit und Dehnung in verschiedenen Richtungen auf, vermuthlich bedingt durch das Schrägstellen der Schöpfform beim Ablauf des Wassers. Da die Ansicht, daß beim Handpapier die Festigkeit und Dehnbarkeit nach allen Richtungen gleich groß sei, ziemlich verbreitet ist, so mag nachfolgend eine kleine Zusammenstellung einiger bei Prüfung von geschöpften Papieren gewonnenen Ergebnisse folgen.

Laufende Nr.	Art des Papiers	Reißlänge		Verhältniß der schwachen Richtung zur starken	Bruchdehnung		Verhältniß der schwachen Richtung zur starken
		Schwache Richtung km	Starke Richtung km		Schwache Richtung km	Starke Richtung km	
1	Urkundenpapiere (handgeschöpft)	3,68	4,93	74 : 100	4,6	3,8	121 : 100
2		3,81	4,97	77 : 100	4,2	3,5	120 : 100
3		4,20	5,30	79 : 100	4,4	3,9	113 : 100
4		4,28	5,45	79 : 100	5,9	4,7	125 : 100
5		3,89	4,64	84 : 100	4,4	4,2	(105 : 100)
6		3,26	3,63	90 : 100 [1])	4,3	3,4	126 : 100
7	Aktendeckel (handgeschöpft)	2,82	4,12	68 : 100	4,6	4,2	(110 : 100)
8		2,62	3,84	70 : 100	4,0	3,7	(108 : 100)
9		2,16	2,98	72 : 100	4,8	4,1	117 : 100
10		2,61	3,53	74 : 100	3,9	3,4	114 : 100
11		2,74	3,04	(90 : 100)	3,7	3,6	(101 : 100)
12		2,56	2,84	(90 : 100)	4,0	3,0	133 : 100

[1]) Da die Ungleichmäßigkeiten des Papierblattes an sich Abweichungen in den Werthen für Reißlänge und

Bei der Bestimmung der Festigkeitswerthe einer Papiersorte wird die Maschinenrichtung und die Querrichtung gesondert geprüft und aus den erhaltenen Werthen das Mittel gebildet. Dieses ist für die Einreihung in eine der sechs Festigkeitsklassen der amtlichen „Vorschriften" maßgebend.

Da die Maschinenpapiere im allgemeinen parallel und senkrecht zur Maschinenrichtung geschnitten werden, so entnimmt man die Probestreifen in der später zu besprechenden Anzahl zunächst parallel zu einer beliebigen Kante des Bogens und darauf parallel zu der hierauf senkrecht stehenden.

Beim Handpapier verfährt man in derselben Weise.

Hat man Veranlassung, die Maschinenrichtung vorher zu bestimmen, entweder weil man nur diese prüfen will, oder weil die beiden Richtungen nicht mit Sicherheit zu erkennen sind, so verfährt man in folgender Weise:

Fig. 1 A.

Man schneidet aus dem in Frage kommenden Material ein kreisförmiges Stück von ungefähr 30 cm im Durchmesser heraus und läßt dies wenige Sekunden auf Wasser schwimmen; nimmt man es dann mit Hülfe einer Pinzette heraus und legt es vorsichtig auf die flache Hand, wobei man zu verhindern hat, daß es sich fest an die Handfläche schmiegt, so krümmen sich die Ränder nach oben (Fig. 1 A) und zwar schließlich so stark, daß sie übereinandergreifen, wie es Fig. 1 B darstellt.

Der nicht gekrümmte Durchmesser a b liegt in der Maschinenrichtung.

Fig. 1 B.

Hat man denselben Versuch mit ungeleimtem oder schwach geleimtem Papier vorzunehmen, so ist dies zunächst gegen das Durchdringen von Wasser zu schützen; man löst zu diesem Zweck entweder Harz in Alkohol oder thierischen Leim in Wasser, zieht das zu prüfende Papier durch eine dieser Lösungen und läßt es trocknen. Das Papier hat nunmehr seine Saugfähigkeit verloren und kann ohne Schwierigkeit dem obenangeführten Versuch unterworfen werden. Zur Erklärung des Versuchs diene Folgendes.[1])

Die untere Seite des Papiers saugt, während sie mit dem Wasser in Berührung ist, Feuchtigkeit auf und die Fasern quellen; nun legen sich die Fasern auf der Maschine mit Vorliebe parallel zur Richtung des Maschinenlaufes, und da die einzelne Faser quer zu ihrer Längsachse die größte Quellungsfähigkeit besitzt, so wird das Bestreben der untern

---

Bruchdehnung bedingen, so sind die Fälle, in denen dieser Unterschied nicht mehr als 10 % beträgt, in Klammer gesetzt, weil Unterschiede, die kleiner als 10 % sind, sehr wohl Zufall sein können.

Vergleiche auch: Ueber Abweichungen der Werthe für Reißlänge und Bruchdehnung bei Versuchsstreifen aus demselben Bogen, vom Verfasser. „Mittheilungen" 1888, Heft 2, Seite 70.

[1]) Hierbei wird auf einen Artikel von Prof. A. Martens im „Wochenblatt für Papierfabrikation" 1893 Nr. 18: Verfilzung und Papierprüfung hingewiesen, in welchem der Verfasser der Anschauung von der Lagerung der Fasern im Laufe der Maschinenrichtung, weil es bisher hierfür an direkten Beweisen fehle, entgegentritt und ausführt, daß für eine Erklärung der Unterschiede in den Festigkeitseigenschaften beider Richtungen die Annahme über die Parallellagerung der Fasern nicht nöthig sei.

Faserschicht sich auszudehnen, quer zur Maschinenrichtung größer sein als in der Längsrichtung und dies dürfte die Ursache des Aufrollens der Ränder sein.[1])

Die Lagerung der Fasern im Laufe der Maschinenrichtung ist bei vielen Papieren mit bloßem Auge zu erkennen, wenn man den Bogen schräg gegen das Licht hält, und ein geübter Beobachter kann oft schon auf diese Weise erkennen, wie das Papier auf der Maschine gelaufen ist. Eine noch einfachere Methode, als oben zur Bestimmung der Maschinenrichtung angegeben wurde, ist von Nickel vorgeschlagen und besteht darin, daß man je einen Streifen von gleichen Abmessungen aus den beiden in Frage kommenden Richtungen entnimmt und

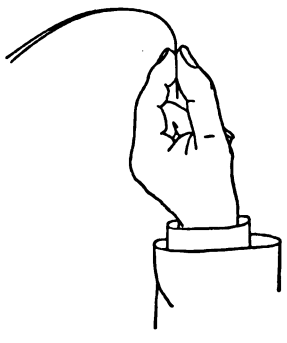


Fig. 2a.

Fig. 2b.

diese so aufeinanderlegt, daß sie sich decken. Faßt man sie nun an dem einen Ende mit Daumen und Zeigefinger und läßt das andere Ende frei herunterhängen, so werden sie entweder eng aufeinander liegen (Fig. 2 a), oder auseinanderklaffen (Fig. 2 b). Im ersteren Falle ist der untere, im zweiten der obere Streifen aus der Maschinenrichtung entnommen.

Die Erklärung dieser Erscheinung dürfte auch hier durch die Lagerung der Fasern gegeben sein; bei dem aus der Maschinenrichtung herrührenden Streifen liegen mehr Fasern mit ihrer Längsachse parallel zum Streifen als bei dem Streifen aus der Querrichtung;

[1]) Ich möchte, die Anschauung des Herrn Herzberg ergänzend, darauf aufmerksam machen, daß auch allein aus der verschiedenen Dehnbarkeit des Materiales, das Aufrollen zwanglos erklärt werden kann, ohne seine Zuflucht zu einer parallelen Lagerung der Fasern zu nehmen.

Ein gefügeloses Material z. B. eine Gelatineplatte, das durch Wasseraufnahme quillt, d. h. sein Volumen vergrößert, wird die Gestalt eines Rotationskörpers (Schale) annehmen müssen, wobei die trockenere Seite die Hohlseite ist; eine Platte aus Material, das durch Berührung mit einer Flüssigkeit schrumpft, wird sich ebenfalls krümmen müssen, wobei die Hohlseite sich an der benetzten Fläche bildet. Hat das Material nach zwei Richtungen verschiedene Dehnbarkeit, d. h. setzt es der Vergrößerung (oder der Verkleinerung — Schrumpfen —) einen verschiedenen Widerstand entgegen (wie z. B. Papier) so muß sich die Platte aufrollen, wobei die stärkste Krümmung in der Richtung der größten Dehnbarkeit, die geringste Krümmung senkrecht hierzu stattfindet. Dies muß geschehen, weil die auf Krümmung des Stückes in der Richtung der Längsachse wirkende Kraft nach dem Beginn der Rollung wegen der neuen Form des Versuchsstückes einen beträchtlichen Widerstand findet, wovon man sich leicht überzeugen kann, wenn man ein aufgerolltes Stück Papier oder Blech in der Richtung der Cylinderachse zu biegen strebt. Daher bleibt das Versuchsstück in dieser Richtung in der That ungekrümmt, obwohl die Ursache für die Krümmung auch hier vorhanden ist.

Daß in der That auch die Quellbarkeit des Papiers und einer Holzplatte ähnlichen Verlauf zeigt, wie Herr Herzberg auf meinen Vorschlag feststellte, beweist meines Erachtens noch nicht die parallele Lagerung des größeren Theiles der Fasern. Wir ließen nämlich Papierstücke und Holzplatten, auf denen Kreise verzeichnet waren, ganz in Wasser tauchen. Sowohl beim Holz als auch beim Papier bildeten sich aus den Kreisen Ellipsen, deren lange Achse beim Holz quer zur Faserrichtung, beim Papier mit der Richtung größter Dehnbarkeit zusammenfiel. A. Martens.

die Folge davon wird sein, daß sich ersterer beim Ueberhängen weniger durchbiegt als der letztere.[1])

Auch zwei nebeneinander entnommene Streifen können zuweilen bei diesem Versuch etwas von einander abweichende Lagen haben, ein Umstand, der indessen für die Bestimmung der Maschinenrichtung ohne Bedeutung ist, da ja hierfür immer Streifen aus zwei aufeinander senkrechten Richtungen entnommen werden.

Die Frage der bequemen Bestimmung der Maschinenrichtung kann außer in den oben erwähnten Fällen noch verschiedentlich von praktischer Bedeutung sein. Beim Kniffen von Aktendeckeln, Cartons ꝛc. wird es z. B. nicht gleichgiltig sein, ob der Kniff in der Maschinenrichtung oder Querrichtung liegt; die erstere Lage wird entschieden die zweckmäßigste sein, weil dann der Rücken eine größere Dehnbarkeit besitzt als im letzteren Fall. Es ist dies ein Umstand, dem man, wie es scheint, bisher nicht die nöthige Beachtung geschenkt hat.

Nachdem so auf die eine oder andere Weise die beiden Hauptrichtungen im Papier bestimmt sind, nach welchen die Entnahme der Probestreifen zu erfolgen hat, fragt es sich, wie lang und wie breit dieselben zu wählen sind.

Prof. Martens hat sich mit dieser Frage eingehend beschäftigt[2]) und hat nachgewiesen, daß die Breite des Probestreifens auf das Ergebniß für Reißlänge und Bruchdehnung keinen Einfluß ausübt; die Bequemlichkeit und Sicherheit des Arbeitens indessen, sowie der mit zunehmender Breite wachsende Widerstand beim Zerreißen legt uns bei der Wahl der Streifen einige Beschränkung auf, weil es schwer ist, sehr breite Streifen genau einzuspannen. Die Breite von 15 mm hat sich als eine sehr praktische erwiesen und sie wird in der Versuchsanstalt ausschließlich angewendet, wenn nicht etwa das zu prüfende Material, wie es beispielsweise bei den in der Telegraphie benutzten Papierstreifen der Fall ist, schon an und für sich schmaler ist als 15 mm.

In der Praxis wird man auch in den Fällen schmalere Streifen verwenden müssen, in denen die gewöhnlichen Festigkeitsprüfer zum Zerreißen eines 15 mm breiten Streifens nicht ausreichen, wie es z. B. beim Prüfen von Quittungskarten-Cartons, Preßspähnen, Aktendeckeln, Pappen ꝛc. vorkommen kann. Für die Versuchsanstalt ist dies ohne Bedeutung, da hier Maschinen bis 500 kg und mehr Leistung zur Verfügung stehen.

Bei der Länge der Probestreifen liegen die Verhältnisse, soweit es sich um die Dehnung, ausgedrückt in Prozenten der ursprünglichen Länge handelt, anders; die Dehnungsprozente sind nahezu dieselben bei Streifenlängen von 0,18 m an aufwärts; mit abnehmender Länge aber wächst die Dehnung. Es ist deshalb aus praktischen Gründen die Länge von 0,18 m als Normallänge angenommen worden; dies geschah namentlich deshalb, weil diese Länge in beiden Richtungen aus dem einmal gekniffen Bogen im Reichsformat (33 × 42 cm) bequem entnommen werden kann, und in diesem Zustand dürften wohl die meisten Papiere zur Untersuchung gelangen. Es kann im Interesse der Einheitlichkeit und der Vergleichbarkeit nur gerathen werden, diese Länge allgemein zu Grunde zu legen. Soweit der Versuchsanstalt bekannt geworden ist, ist dies auch an allen Stellen, welche sich im größeren Maßstabe mit Papieruntersuchungen befassen, geschehen.

---

[1]) Auch zur Erklärung dieser Erscheinung genügt die Thatsache, daß die Dehnbarkeit in beiden Hauptrichtungen verschieden ist; auch Materialien ohne faseriges Gefüge, z. B. Metallbleche, müssen ganz die gleichen Erscheinungen zeigen, wenn sie nach verschiedenen Richtungen verschiedene Dehnbarkeit besitzen. A. Martens.

[2]) A. Martens. Ueber den Einfluß der Länge und Breite der Probestreifen auf die Ergebnisse der Festigkeitsuntersuchungen von Papier. „Mittheilungen" 1885, Heft 1.

Stehen nun von dem zu prüfenden Material nur kleinere Formate zur Verfügung, aus denen diese Normalstreifen nicht entnommen werden können, so darf man nicht außer Acht lassen, daß die Dehnungsprozente höher ausfallen als es bei Verwendung eines Streifens von 0,18 m Länge der Fall gewesen wäre; auf die Festigkeit ist die Länge der Probestreifen ohne Einfluß, wenn nicht zu kurze Streifen angewendet werden, die sehr schwer gerade einzuspannen sind.

Das zu erzielende Ergebniß der Prüfung wird nun im allgemeinen um so zuverlässiger sein, je mehr Streifen beim Versuch Verwendung gefunden haben; nimmt man fünf Streifen aus jeder Richtung, so kann man sicher sein, gute Durchschnittswerthe zu erhalten, wenn man bei der Probenentnahme zweckmäßig zu Werke gegangen ist. Bei Prüfung eines größeren Postens Papier thut man gut, aus fünf verschiedenen Packeten je einen Bogen zu entnehmen und dann aus jedem Bogen je einen Längs- und Querstreifen.

Steht nur wenig Material zur Verfügung, so verfolge man doch immer den Grundsatz, die Streifen an verschiedenen Stellen zu entnehmen und unmittelbar nebeneinander nur dann, wenn es nicht anders auszuführen ist.

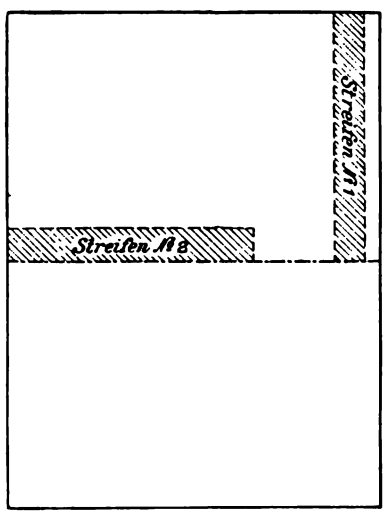


Fig. 3.

Die Entnahme der Streifen geschieht bei den amtlichen Prüfungen in folgender Weise. Von den zehn meist in einmal gekniffenem Zustand eingeschickten Probebogen werden zunächst fünf für die Festigkeitsprüfungen ausgewählt, welche äußerlich keine fehlerhaften Stellen zeigen. Aus jedem dieser fünf Bogen wird je ein Streifen aus der Längs- und Querrichtung entnommen, wie es Fig. 3 veranschaulicht.

Zerreißt nun ein Streifen an der Einspannstelle, oder ist er von vornherein infolge eines äußerlich erkennbaren Fehlers zu verwerfen, oder liefert ein Streifen Werthe, die von den anderen in sehr auffälliger Weise abweichen, so daß ein Irrthum vermuthet werden kann, so kann man an derselben Stelle des Blattes immer noch einige Ersatzstreifen zur weiteren Prüfung herausnehmen.

Auf das Schneiden der Streifen ist die größte Sorgfalt zu verwenden, da die geringste Beschädigung, namentlich an den Rändern, den Versuch ungünstig beeinflussen kann. Hat man nur hin und wieder Festigkeitsversuche vorzunehmen, so wird man davon absehen können, sich eine besondere Schneidevorrichtung zu beschaffen, wenn nicht dem Festigkeitsapparat, wie es jetzt vielfach geschieht, schon eine solche beigegeben ist. In Ermangelung einer Schneidevorrichtung schneidet man mit Hülfe eines eisernen Lineals und eines sehr scharfen Messers, wobei man aber auf eine möglichst parallele Führung des Letzteren bedacht sein muß. Als Unterlage bedient man sich beim Schneiden zweckmäßig eines Zinkbleches oder einer Glasplatte, weil weichere Materialien, wie Holz, Pappe ꝛc., ein Eindrücken des Papiers beim Schneiden zulassen, und auf diese Weise die Ränder des Streifens nach unten umgebogen werden. Hat man indessen täglich Festigkeitsprüfungen vorzunehmen, so ist diese Art der Probeentnahme zu umständlich und zeitraubend und man wird sich dann zweckmäßig eine Vorrichtung schaffen, die schneller arbeitet. — Fig. 4 zeigt die in der Versuchsanstalt in Gebrauch befindliche Scheere zum Schneiden der Streifen.

An der Holzplatte P ist ein Messer S_2 fest angeschraubt, während ein zweites, welches in Verbindung mit S_2 den Schnitt des Papiers bewirkt, mit Hülfe des Handgriffes H auf und niedergeführt werden kann. Eine Holzleiste Lst ist so angebracht, daß sie parallel der Schneide S_2 liegt und von dieser einen Abstand von 15 mm festgestellt werden kann. Unter der Leiste Lst befindet sich ein Kasten K, in welchen die abgeschnittenen Streifen fallen. Auf dem Brett P ist noch eine scharf gezeichnete Linie L angebracht, die senkrecht zu S_2 verläuft. Sie dient als Anlagezeichen, um zunächst den ersten Schnitt genau senkrecht zu einer Papierkante zu führen; die Streifen werden dann unter Anlage der ersten Schnittkante gegen die in Leiste Lst ohne weiteres parallel und von 15 mm Breite geschnitten. Bevor man die Streifen in Gebrauch nimmt, überzeugt man sich, ob ihre Ränder glatt sind und genau parallel verlaufen. Das letztere sieht man am besten, wenn man die beiden Enden der Streifen aufeinanderlegt; die zwei Hälften der Streifen müssen sich dann völlig decken. Die in den Handel gebrachten Schneidevorrichtungen mit doppeltem Messer haben sich nicht bewährt, weil beim Schneiden in den meisten Fällen eins der Messer versagt.

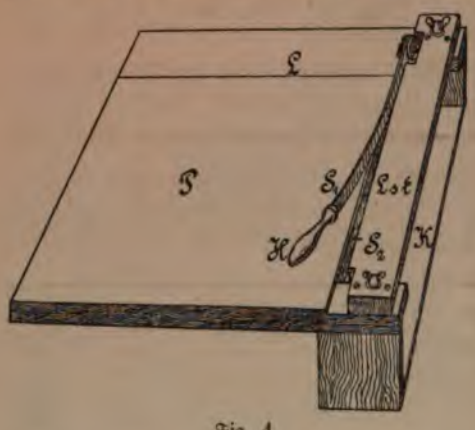


Fig. 4.

Beim Zerreißen der Streifen ist auf die Feuchtigkeit der Luft im Versuchsraum besonders zu achten, da diese auf die Festigkeits- und Dehnungswerthe von großem Einfluß ist.

Der Einfluß der Feuchtigkeit äußert sich in zweierlei Weise. Einmal nimmt das allezeit hygroskopische Papier, je nach dem Feuchtigkeitsgehalt der Luft, verschiedene Mengen Wasser in sich auf und ändert hierdurch sein Gewicht; zweitens ändert das aufgenommene Wasser die Festigkeit und Dehnbarkeit der im Papier vorhandenen Fasern. Sowohl durch die Gewichtsveränderung als auch durch die Festigkeitsveränderung wird die Reißlänge beeinflußt; die Dehnung indessen durch die Letztere allein.

Den Einfluß der Gewichtsveränderung auf die Reißlänge des Papiers kann man leicht beseitigen, wenn man ihre Berechnung auf einen ganz bestimmten Feuchtigkeitszustand des Papiers bezieht und zwar am einfachsten auf denjenigen, welchen man durch längeres Erwärmen bei 100° C erreicht; nach $^1/_2$—$^3/_4$stündigem Trocknen hat man ein konstantes Gewicht und hiermit einen Zustand des Papiers, den man immer mit gleicher Sicherheit erzielen kann und den man zweckmäßig als den Trockenzustand des Papiers bezeichnet.

Man wird also die zerrissenen Probestreifen in einem Trockenschrank bei 100° C trocknen und in einem luftdicht verschließbaren Gefäß (Uhrglas, Wiegegläschen ꝛc.) wiegen, denn beim Wiegen in freier Luft nimmt der Streifen sofort wieder Feuchtigkeit auf und wird zusehends schwerer. Die mit Hülfe dieses Trockengewichts berechnete Reißlänge stellt sich nach den bisherigen Erfahrungen bei Schreibpapier im Durchschnitt etwa 5—7 % höher als die unter Zugrundelegung des Gewichts der lufttrockenen Streifen ermittelte, eine Luftfeuchtigkeit von 65 % vorausgesetzt.

Der Einfluß der durch verschiedenen Feuchtigkeitsgehalt der Luft herbeigeführten Aenderung der Festigkeit und Dehnbarkeit der Papierfasern kann auf so einfache Weise nicht beseitigt werden. Es sind zur Zeit mit eigens zu diesem Zweck aufgestellten Apparaten

Versuche in Angriff genommen, um womöglich die Größe des Einflusses und seine etwaige Gesetzmäßigkeit zu ermitteln. Diese umfangreichen Versuche werden voraussichtlich erst nach Jahren zum Abschluß kommen; die vorliegenden Ergebnisse haben aber schon gezeigt, daß es unumgänglich nothwendig ist, die Festigkeitsversuche mit Papier stets in einem Raum von konstanter Feuchtigkeit auszuführen.

Zur Erläuterung mögen nachfolgend die Versuchsergebnisse, welche bei Prüfung eines aus reinen Lumpen hergestellten guten Schreibpapiers bei verschiedener Luftfeuchtigkeit gewonnen wurden, wiedergegeben werden.

Relative Feuchtigkeit der Luft %	Feuchtigkeitsgehalt der zerrissenen Streifen %	Bruchbelastung			Bruchdehnung			Reißlänge		
		Maschinen-Richtung kg	Quer-Richtung kg	Mittel kg	Maschinen-Richtung %	Quer-Richtung %	Mittel %	Maschinen-Richtung km	Quer-Richtung km	Mittel km
100	15,2	2,34	1,75	2,05	3,2	6,3	4,8	1,68	1,23	1,46
90	11,3	3,41	2,30	2,86	2,8	5,8	4,3	2,40	1,64	2,02
80	6,5	5,57	4,03	4,30	2,5	4,7	3,6	4,06	3,00	3,53
70	6,2	5,74	4,14	4,94	2,1	4,3	3,2	4,25	3,09	3,67
60	5,5	6,15	4,49	5,32	1,9	3,9	2,9	4,50	3,33	3,92
50	4,6	6,59	4,71	5,65	1,7	3,4	2,6	4,76	3,43	4,20
40	3,8	6,74	4,93	5,84	1,6	3,3	2,5	4,91	3,61	4,26
30	2,3	7,21	5,05	6,13	1,5	2,6	2,1	5,39	3,80	4,60

Die Versuchsanstalt hat denn auch bereits seit Jahren Vorkehrungen getroffen, um die Festigkeitsprüfungen in einem Raume von stets gleichem Feuchtigkeitsgehalt ausführen zu können, und zwar ist hierfür eine relative Luftfeuchtigkeit von 65 % gewählt worden. Da die Luftfeuchtigkeit nun während des größten Theils des Jahres, namentlich im Winter, geringer ist als 65 %, so ist in dem Versuchsraum ein Wasserzerstäuber (Kosmosventilator) aufgestellt, welcher es ermöglicht, bei trockener Luft den Feuchtigkeitsgehalt in kurzer Zeit auf die gewünschte Höhe zu bringen. Den mit geringeren Hülfsmitteln ausgestatteten Versuchsräumen der Praxis kann die fehlende Feuchtigkeit am einfachsten durch Sprengen des Fußbodens, Aufhängen nasser Tücher, Kochen von Wasser ꝛc. zugeführt werden.

Es braucht nach Vorgesagtem wohl kaum noch besonders hervorgehoben zu werden, daß die in der Praxis gewonnenen Prüfungsergebnisse mit denen der Versuchsanstalt nur dann in Vergleich gestellt werden können, wenn sie ebenfalls bei einer Luftfeuchtigkeit von 65 % ausgeführt und die Reißlängen auf den Trockenzustand bezogen sind. Zur Messung der Feuchtigkeit der Luft werden in der Versuchsanstalt ausschließlich Koppe-Saussuresche Prozenthaarhygrometer mit Justirvorrichtung benutzt, welche sich für diese Zwecke am geeignetsten und zuverlässigsten erwiesen haben.

Fig. 5.

Dieses Hygrometer besteht aus einem gut entfetteten Haar, welches am oberen Ende befestigt und am unteren um eine kleine Rolle geschlungen ist, deren Achse einen Zeiger trägt. (Fig. 5). Es wird durch ein angehängtes Gewichtchen von 0,5 g gespannt. Bei trockener Luft verkürzt sich das Haar und dreht den Zeiger nach links, beim Feuchtwerden verlängert es sich und das Gewicht bewirkt eine Bewegung des Zeigers nach rechts. Bei vollkommener Sättigung der Luft mit Wasserdampf muß der Zeiger auf den Punkt 100 der Scala rücken und dort stehen bleiben.

Ein besonderer Vorzug dieses Feuchtigkeitsmessers gegenüber anderen ist der, daß er zu jeder Zeit leicht auf die Richtigkeit seiner Angaben geprüft werden kann; zu diesem Zweck wird das dem Apparat beigegebene, mit Mousselin überzogene Rähmchen in Wasser getaucht und auf der Rückseite des Instrumentes in eine hierfür angebrachte Nuthe geschoben. Hierauf wird der Apparat vorn durch eine Glasscheibe, hinten durch den Schieber geschlossen. Der abgeschlossene Raum füllt sich nun in verhältnißmäßig kurzer Zeit mit Feuchtigkeit, das Haar sättigt sich, und der Zeiger rückt auf 100 vor.

Sollte infolge von Veränderungen des Instrumentes durch äußere Einflüsse ꝛc. dies nicht der Fall sein, so hat man nur den Schlüssel durch das oben in der Glasscheibe befindliche Loch auf den Vierkant aufzusetzen und durch Drehen den Zeiger genau auf 100 einzustellen. Dabei ist es zweckmäßig, etwas auf das Kästchen zu klopfen, um die Reibung des Zeigers zu überwinden.

Nun ist das Instrument justirt und wird, nachdem Schieber, Rähmchen und Glas entfernt sind, etwa ½ Stunde später die relative Feuchtigkeit des Versuchsraumes richtig angeben. Das von dem Rahmen auf den Blechrand etwa abgetropfte Wasser muß sorgfältig entfernt werden, da es sonst die Angaben des Hygrometers beeinflußen würde.

Man begegnet vielfach der irrigen Auffassung, daß das Haarhygrometer zur Bestimmung der Luftfeuchtigkeit für wissenschaftliche Versuche nicht geeignet und das Psychrometer hierfür empfehlenswerther sei. Prof. Dr. Galle, welcher über diesen Gegenstand eine große Reihe eingehender Versuche angestellt hat, bemerkt hierzu: (Ergebnisse der meteorologischen Beobachtungen im Jahre 1882. Veröffentlicht vom königlichen meteorologischen Institut Berlin 1883). „Unterzieht man sich bei den Haarhygrometern alle 8—14 Tage der geringen Mühe einer Bestimmung des Sättigungspunktes und sorgfältiger Reinigung des Instrumentes, soweit dies nöthig erscheint, so wird man mit diesem Instrument die relative Feuchtigkeit mit mindestens ebenso großer Genauigkeit und meist (namentlich im Winter) wohl noch genauer ablesen können, und zwar ohne alle Rechnung, als mit dem Psychrometer."

Es sei noch besonders bemerkt, daß das Hygrometer am besten neben dem Zerreißapparat aufzustellen ist und daß die Versuchsstreifen neben dem Hygrometer zur Aufnahme der nöthigen Feuchtigkeit auszulegen sind, da die Feuchtigkeit an verschiedenen Stellen des Versuchsraumes namentlich in verschiedenen Höhenlagen verschieden ist.

Die Versuchsstreifen brauchen, um sich dem Feuchtigkeitszustand von 65 % anzupassen, mindestens eine halbe Stunde. Damit sie der Luft möglichst viel Oberfläche darbieten, bedient man sich zweckmäßig eines Rahmens, wie ihn Fig. 6 darstellt. In diesem Rahmen stehen die Streifen schwach gekrümmt auf der hohen Kante, gestatten somit der Luft möglichst ungehinderten Zutritt und sind außerdem durch ihre geringe Anspannung gegen das Fortwehen durch Zugluft ꝛc. geschützt.

Fig. 6.

Zum Zerreißen der Streifen bedient man sich nun verschiedener Zerreißmaschinen, von denen hier die drei wichtigsten, die von Hartig-Reusch, die von Wendler und die von Schopper beschrieben werden sollen.

Auf das Horacksche Dasymeter, das früher vielfach benutzt wurde und stellenweise auch heute noch zu Festigkeitsversuchen angewendet wird, soll nicht näher eingegangen werden,

wegen der völlig unzuverlässigen Ergebnisse, welche es liefert. — Eine Beschreibung und Abbildung dieses Apparates findet man in: „Hoyer. Das Papier, seine Beschaffenheit und deren Prüfung" München 1882.

Der Festigkeitsprüfer nach Hartig-Reusch[1]).

Unter Hinweis auf die Fig. 7 sei hier kurz das zum Verständniß des Apparates Nöthige gesagt.

Auf einem aus Holz gefertigten Bett befinden sich die drei Haupttheile des Apparates:

1. Die Vorrichtung zum Einspannen.
2. " " für die Kraftübertragung.
3. " " " " Kraftmessung.

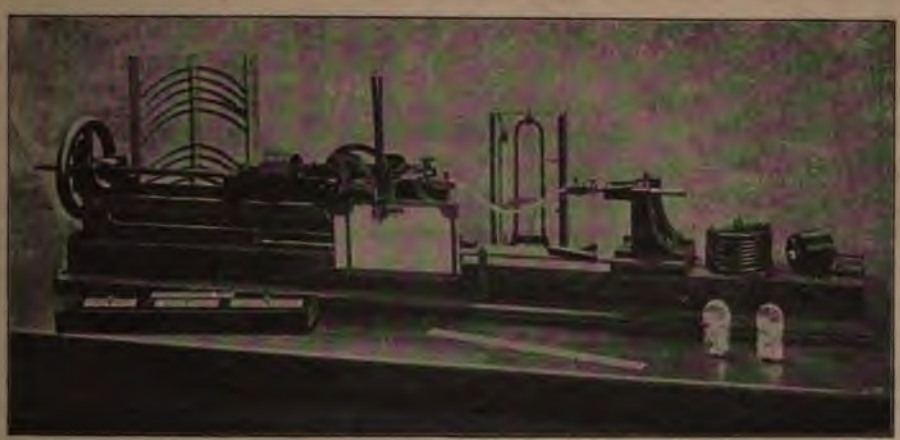


Fig. 7. Festigkeitsprüfer nach Hartig-Reusch.

In der Einspannvorrichtung wird der zu untersuchende Streifen durch ein paar Klemmen festgelegt, deren wellenförmig eingeschnittene Backen ein Herausziehen des Streifens während des Versuches verhindern. Die Backen sind mit weichem Leder auszufüttern, da sonst der Streifen beim Einspannen in den Klemmen leicht beschädigt wird und in ihnen zerreißt. Die eine Klemme ist mit der Vorrichtung für die Kraftübertragung verbunden, während die andere sich an einem verschiebbaren Bock befindet, der an jeder Stelle des Bettes durch eine Schraube festgestellt werden kann. Der Bock trägt ferner eine mit einer Marke versehene Messingscheibe, welche auf einem im Bett eingelegten Metermaß in jeder Stellung die Entfernung der Vorderkanten der Klemmen von einander angiebt; man überzeuge sich indessen bei Anschaffung eines Apparates zweckmäßig von der Richtigkeit der Angaben, namentlich für die Normalstellung, d. h. wenn die Marke auf 0,18 m zeigt.

Die zweite Klemme ist durch einen Wagen mit einer Spiralfeder, welche zum Zerreißen des Probestreifens dient, verbunden. Diese Feder muß sich also beim Versuch soweit ausdehnen, als dem Widerstande, welchen der Papierstreifen dem Zerreißen entgegensetzt, entspricht. Gleichzeitig folgt jedoch der Wagen dem Zuge der Feder um soviel, als das Papier sich bis zum Bruche dehnt. Diese beiden Bewegungen nun, die Ausdehnung der Feder und die

[1]) Vergleiche die oben erwähnte Martens'sche Arbeit in Heft 1 der „Mittheilungen" 1885. Bezugsquelle für den Apparat: Mechaniker Oscar Leuner, Dresden.

Verschiebung des Wagens, werden auf einen Zeichenstift übertragen, welcher das Versuchsschaubild auf dem hierfür angebrachten Papier verzeichnet.

Die senkrechten Ordinaten entsprechen den Federausdehnungen und somit den zum Zerreißen erforderlich gewesenen Zugkräften und die wagerechten Ordinaten den diesen Zugkräften entsprechenden Dehnungen der Probestreifen.

Die Tafel, welche das Schaulinienpapier trägt, läßt sich wagerecht verschieben, so daß man die Kurven nebeneinander beliebig anordnen kann. Statt gewöhnlichen Schreibpapiers und eines Graphitstiftes bedient man sich besser des sogenannten Indicatorpapiers und eines Metallstiftes.

Zu jedem Apparat gehören drei verschieden starke Federn; je eine von 4, 9 und 18 kg Maximalkraftleistung. Zu jeder derselben gehört ein Maßstab, welcher für jede Ausdehnung der Feder die hierzu aufgewendete Kraft angiebt.

Man halte bei allen Versuchen den Grundsatz fest, stets die schwächste Feder zu benützen und nicht etwa ein Papier mit der 18 kg Feder zu prüfen, welches etwa schon bei einer Belastung von 6 kg zerreißt; denn je stärker die Feder ist, um so enger ist die Theilung des Maßstabes und um so größer sind die Ablesungsfehler. Es kann sogar vorkommen, daß man bei Prüfung einer Papiersorte mit Vortheil zwei verschiedene Federn anwenden kann, wenn zum Zerreißen der Querrichtung eine schwächere Feder genügt als für die Maschinenrichtung. Man überzeuge sich, bevor man die einem jeden Apparat beigegebenen Maßstäbe in Gebrauch nimmt, von ihrer Richtigkeit durch direkte Belastung der Spiralfedern mit Benützung der einem jeden Apparat hierzu beigegebenen Vorrichtung.[1])

Ein Maßstab zur Ausmessung der Dehnung wird dem Apparat nicht beigegeben, man thut indessen gut, sich einen solchen anfertigen zu lassen, welcher für die Normalstreifenlänge 0,18 m direkt die Ablesung der Dehnung in Prozenten der ursprünglichen Länge gestattet.

Der Versuch selbst geht nun in folgender Weise vor sich.

Der Bock wird so festgelegt, daß seine Marke mit dem Theilstrich 0,18 m des Metermaßes zusammenfällt; der Wagen wird durch einen Stift festgestellt. Der Streifen wird so zwischen die Klemmen gelegt, daß er keine Durchbiegung zeigt und dann die Schrauben der Klemmen mit Hülfe des beigegebenen Schlüssels mäßig angezogen. Dann löst man den Bock wieder, verschiebt ihn etwa 1 cm nach dem Wagen zu und schraubt ihn wieder fest. Es geschieht dies, damit der Zeichenstift bei jedem einzelnen Streifen eine besondere, wagerechte Nulllinie zieht; eine für alle Streifen gültige wagerechte Nulllinie zu zeichnen ist nicht rathsam, da die Anfangspunkte der Belastung dann nicht so scharf zu bestimmen sind.

Nun entfernt man den Arretirungsstift, legt die Sperrhaken ein, welche beim Bruch des Streifens das Zusammenschnellen der Feder verhindern sollen, und schließt die Schraubenmutter, welche mit dem Handrad verbunden ist. Durch langsames und gleichmäßiges Drehen des Rades und unter Vermeidung von Unterbrechungen und Stößen wird nunmehr der Apparat in Thätigkeit gesetzt; ist die Spannung der Feder groß genug geworden, so zerreißt der Papierstreifen und der Versuch ist beendigt. Der Stift wird dann von der Tafel abgehoben, die Schraubenmutter geöffnet, der Wagen vorgeschoben, bis der Arretirungsstift wieder eingesetzt werden kann, und dann die Spiralfeder ausgelöst.

Der Streifen wird hierauf unmittelbar an den Klemmen abgerissen oder abgeschnitten und der Apparat kann nun zum Zerreißen des zweiten Streifens benützt werden.

---

[1]) Vergleiche: Prof. A. Martens, Ergebnisse der Prüfungen von Apparaten zur Untersuchung der Festigkeitseigenschaften von Papier. „Mittheilungen" 1887. Ergänzungsheft 3.

Erfolgt der Bruch des Streifens nicht mindestens 1 cm von der Einspannstelle, so ist der Versuch als ungültig zu betrachten, weil bei einem Bruch an der Klemme ein Einfluß der letzteren nicht ausgeschlossen ist.

Sind auf oben angegebene Weise aus der Maschinenrichtung und Querrichtung je fünf Streifen zerrissen, so wird zunächst das Gewicht der Streifen jeder Richtung, welches einem Feuchtigkeitsgehalt von 65 % entspricht, festgestellt. Dann erfolgt das Trocknen der Streifen in einem Wiegegläschen bei 100° C bis zum konstanten Gewicht und hierdurch die Bestimmung des Trockengewichtes, welches der Berechnung der Reißlänge zu Grunde gelegt wird. Zunächst muß zur Auszeichnung und Ausmessung der gewonnenen Schaulinien geschritten werden.

Fig. 8 zeigt ein Schaubild, wie es bei Prüfung eines schwachen, mit viel Füllstoffen beschwerten Konzeptpapiers erhalten wurde. Die Querrichtung konnte mit Hülfe der 4 kg Feder zerrissen werden, während für die Maschinenrichtung die 9 kg Feder nöthig war.

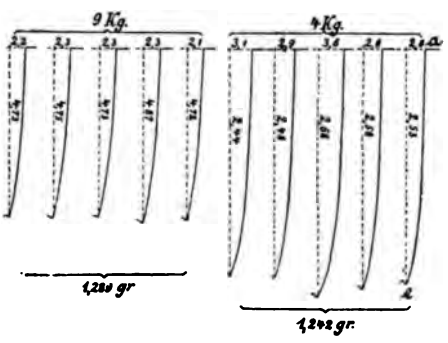


Fig. 8.

Bei der Ausmessung der Kurven ist es zweckmäßig, den Anfangs- und Endpunkt derselben (a und e) durch feine Nadelstiche zu kennzeichnen und dann erst die Anfangspunkte horizontal und die Endpunkte vertikal zu projeciren. Die Entfernung des Schnittpunktes dieser beiden Linien vom Punkt a giebt die Dehnung des Streifens an, während die Entfernung desselben Punktes von e die Ausdehnung der Feder und somit das Maß für die zum Zerreißen des Streifens verbrauchte Kraft anzeigt. Beide Längen werden mit den für sie bestimmten Maßstäben ausgemessen, wobei es genügt, wenn die Bruchdehnung auf zwei Dezimalstellen abgelesen wird.

Geringe Unterschiede, welche die einzelnen Diagramme derselben Richtung untereinander aufweisen, sind auf die unvermeidlichen Ungleichmäßigkeiten des Papierblattes zurückzuführen.

Der Wendlersche Festigkeitsprüfer[1]).

Der Wendlersche Festigkeitsprüfer (Fig. 9) besteht im Wesentlichen aus vier Haupttheilen.

1. Der Antrieb.
2. Die Einspannvorrichtung.
3. Die Vorrichtung für die Kraftübertragung.
4. Die Vorrichtung für die Kraft- und Dehnungsmessung.

Der Antrieb geschieht mittelst Schraube und Handrad (an dessen Stelle häufig, wie Fig. 9 zeigt, ein Schneckenrad gesetzt wird), durch welche ein Schlitten bewegt wird. Dieser Schlitten trägt die eine Klemmbacke zum Einspannen des Papierstreifens, während die zweite Klemme mit einem Wagen verbunden ist, der mit der Meßfeder verkuppelt ist. Am Handrade befindet sich eine Mutter, welche durch einen Kurvenschub geöffnet und geschlossen werden

[1]) Vergl. die obenerwähnte Martens'sche Arbeit im Ergänzungsheft 3 der „Mittheilungen" 1887. Bezugsquelle für den Apparat: M. Fromme, Berlin, Friedrichstraße.

kann, je nachdem die Bewegung des Schlittens direkt mit der Hand, oder mit Hülfe de[illegible] Schneckenrades bewirkt werden soll. Die Backen der Einspannklemmen sind normal zur Zug[illegible] achse wellenförmig ausgearbeitet und mit Leder ausgefüttert, um ein Rutschen der Streifen z[illegible] verhindern. Die Backen selbst werden durch Schrauben zusammengepreßt.

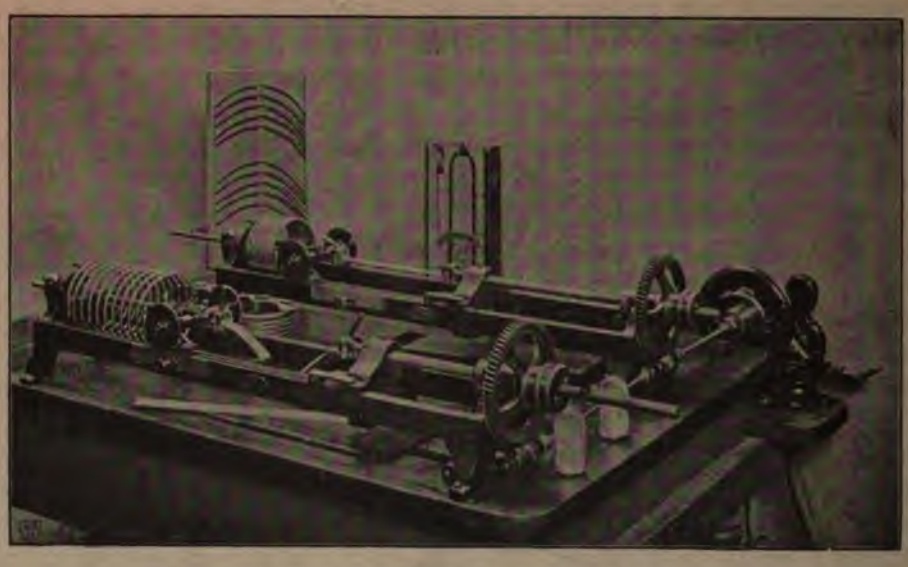


Fig. 9. Festigkeitsprüfer nach Wendler.

Auf Wunsch werden die Apparate auch mit den beim nächstfolgenden Apparat zu beschreibenden Excenterklemmen versehen, welche den Schraubenklemmen gegenüber erhebliche Vortheile besitzen.

Die Kraftmessung geschieht mittelst Spiralfedern, deren der Wendlersche Apparat zwei von je 9 und 20 kg Maximalkraftleistung besitzt. Die Feder ist an einem Ende mit dem Bett des Apparates fest verbunden, am anderen Ende mit dem Wagen. Eine Zahnstange, die mit dem Wagen verbunden ist, wird durch Sperrklinken, welche in die Zähne der Zahnstange greifen, am Zurückschnellen verhindert, welches durch die Spannung der Feder hervorgerufen werden würde, sobald der Streifen reißt.

Der Wagen schiebt dabei mit Hülfe eines Hebels einen Schleppzeiger vor sich her, dessen Marke am Kraftmaßstab die Bruchlast in kg anzeigt. Der Schleppzeiger ist am andern Ende mit einer Theilung verbunden, an welcher die Dehnung des Streifens unmittelbar in Prozenten abgelesen wird.

Bevor man ein Papier mit diesem Apparat prüft, überzeugt man sich von der richtigen Lage des Kraftmaßstabes; man hebt zu dem Zweck die Sperrklinken in die Höhe, versetzt die Spiralfeder in Schwingungen und schiebt dann den Schleppzeiger behutsam gegen den Hebel; nun muß die Nullmarke des Zeigers sich mit der des Maßstabes decken; ist es nicht der Fall, so verschiebe man letzteren, bis dies erreicht ist. Darauf stellt man die Feder mittelst der hierzu bestimmten Schraube fest und schiebt den Schlitten so weit, daß seine Nullmarke mit der des Dehnungsmaßstabes zusammenfällt.

Nachdem man nunmehr den Streifen mit 0,18 m freier Länge eingespannt hat, löst man die letzterwähnte Schraube, legt die Sperrklinken ein und versetzt das Antriebsrad in möglichst langsame und gleichmäßige Umdrehungen.

Nach dem Zerreißen des Streifens liest man Belastung und Dehnung ohne weiteres ab, die Feder, worauf der Apparat für den nächsten Versuch eingestellt wird. Behufs Lösung der Feder drückt man diese mit Hülfe des Wagens in der Richtung nach der Rolle etwas zusammen, dreht sie um 90° und zieht den Wagen mit der Zahnstange heraus. In der Versuchsanstalt werden zwei dieser Wendlerschen Apparate mit Hülfe eines doppelcylindrigen Wassermotors angetrieben (Fig. 9), wodurch ein sehr gleichmäßiger Gang der Maschine erzielt wird. Die Apparate der Versuchsanstalt sind außerdem mit einer von Martens konstruirten Vorrichtung versehen, welche sie mit Hülfe der gespannten Feder gesicherten Kraft im Moment des Streifen- außer Thätigkeit werden.

Arbeitet man mit Appa- welche diese Vor- nicht haben, so man sorgsam darauf daß man aufhört zu sobald der Streifen ja bei einem Weiter- nach dem Bruch ch die Dehnungs- falsch wird.

ne Beschreibung und ung der Martensschen Vorrichtung findet sich Mittheilungen" 1887, ungsheft 3.

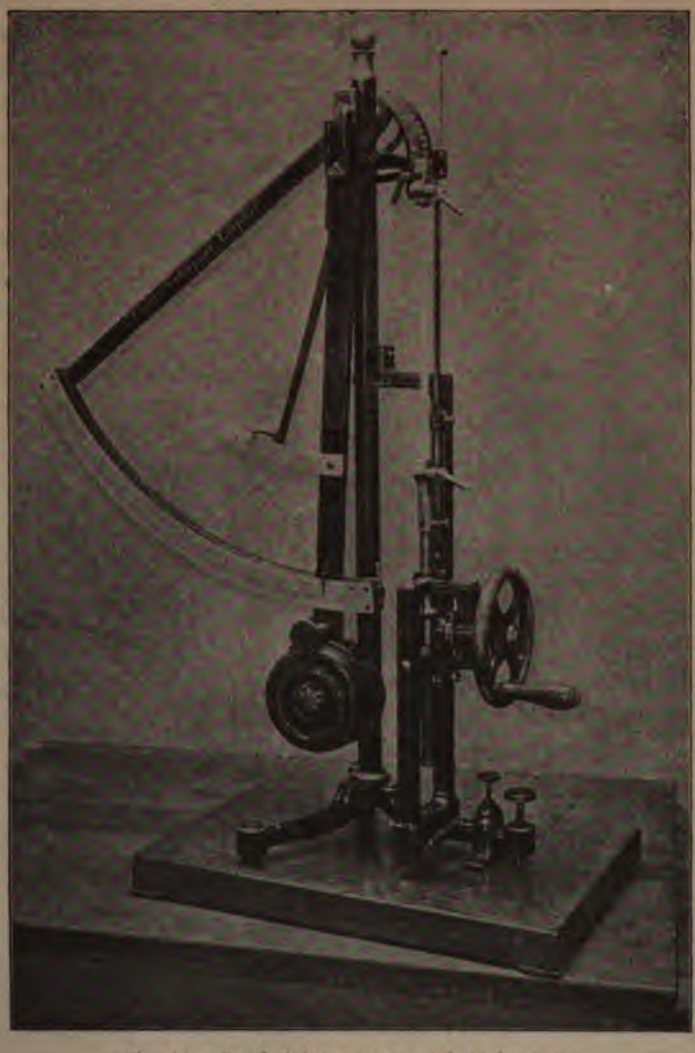


Fig. 10. Festigkeitsprüfer nach Schopper.

Schoppersche igkeitsprüfer[1]).

Im Gegensatz zu den erstbeschriebenen Appa- bei welchen Spiral- verwendet werden, hier (vergl. Fig. 10) ftmessung mit Hülfe eigungswage, deren Gewicht abnehmbar und bei den meisten Apparaten einer Maximal- tung von 30 kg angepaßt ist. Der Belastungshebel bewegt sich zwischen zwei Kreis- en, von denen das vordere mit einer dem Gewicht entsprechenden Theilung versehen

[1]) Vergl.: Untersuchung eines Schopperschen Festigkeitsprüfers von G. Dalén. „Mittheilungen" 1891, Seite 75. Bezugsquelle für den Apparat: Mechaniker L. Schopper, Leipzig, Arndtstraße.

ist, während das hintere auf der Oberseite Zähne hat, welche dazu dienen, die an dem Hebel angebrachten Sperrklinken aufzufangen und so das Zurückfallen des Hebels beim Reißen des Streifens zu verhindern. Die Bezifferung der Bogentheilung giebt die Kraftleistung direkt in Kilogramm an.

Statt des oberen Armes des Krafthebels ist ein Bogensegment angebracht, über welches eine Kette läuft, die am unteren Ende die eine Einspannklemme trägt. Um die Einspannung des Streifens zu erleichtern, kann diese Klemme während des Einspannens durch einen Haken an dem Segment festgelegt werden. Durch die erwähnte Kette ist es erreicht, daß sich die obere Klemme immer senkrecht über der unteren befindet und eine gewisse zwanglose Beweglichkeit während des Versuches bewahrt, ohne daß das Einspannen erschwert ist.

Der Krafthebel hat nur ein Gewicht, wodurch die Handhabung des Apparates wesentlich vereinfacht ist, ohne die erforderliche Genauigkeit zu beeinträchtigen.

Die Messung der Dehnung erfolgt durch die Feststellung der gegenseitigen Verschiebung der beiden Einspannklemmen. Um diese Verschiebung zu bestimmen, wird die Bewegung der unteren Einspannklemme mittelst einer Zugstange auf den Dehnungshebel übertragen. An diesem Hebel, welcher sich mittelst einer Hülse um den Zapfen des Gewichtshebels bewegen kann, ist ein Zeiger angebracht, der sich über zwei an dem Krafthebel befindliche Bogentheilungen bewegt.

Die eine dieser Theilungen giebt die Verlängerung des Streifens, welche ja mit der gegenseitigen Verschiebung der Klemmen gleichbedeutend ist, in Millimetern, die andere, eine Normalstreifenlänge von 0,18 m vorausgesetzt, direkt in Prozenten an. Das untere Ende der Zugstange ist an einer mit Bremsfeder versehenen Hülse befestigt, welche sich auf einer mit der Antriebschraube parallelen Gleitstange bewegen kann und während des Versuchs von einem an der Antriebschraube befestigten Nasenhebel mitgenommen wird.

Auch der Dehnungshebel hat statt des oberen Armes ein Bogensegment, auf welches die Bewegung der unteren Klemme mittelst einer Zahnstange übertragen wird. Diese Zahnstange, welche sich in einer festen Führung bewegt, drückt fest gegen das Segment, so daß todter Gang fast ausgeschlossen ist. Die hierdurch entstehende Zahnreibung wird vom Antrieb aufgenommen und ist daher ohne Einfluß auf die Kraftmessung. Die Reibung der Hülse auf dem Zapfen des Gewichtshebels ist in der Bestimmung der gesammten Reibung des letzteren einbegriffen. Da jedoch infolge der schnelleren Bewegung des Dehnungshebels gegenüber dem Krafthebel diese Hülsenreibung in entgegengesetzter Richtung zu der sonstigen Reibung wirkt, so wird sie in Wirklichkeit niemals den bei der Bestimmung gefundenen Zahlenwerth erreichen. Bei den Einspannklemmen sind statt der Schrauben Excenterhebel zum Zusammendrücken der Backen angebracht, wodurch eine wesentlich einfachere und bessere Einspannung des Streifens erzielt wird.

An der Antriebvorrichtung ist eine Sperrvorrichtung angebracht, welche das richtige Einstellen der unteren Klemme in der Nulllage sichert. Die Versuchsausführung geht in folgender Weise vor sich.

Nachdem man den Belastungshebel mit Hülse des hierfür bestimmten Stiftes in der Nulllage festgelegt hat, arretirt man die obere Einspannklemme mit Hülse des angebrachten Hakens; dann wird die untere Einspannklemme durch Drehen des Antriebrades in ihre höchstzulässige Lage gebracht, um den zulässigen Weg gehoben und mit der hierfür bestimmten unter dem Nasenhebel befindlichen Schraube festgestellt. Durch Hochschieben der mit der Bremsfeder versehenen Hülse bringt man den Dehnungshebel in seine Nullstellung.

Nunmehr wird der Streifen eingespannt, was sich bei diesem Apparat infolge der vertikalen Stellung bequemer und sicherer ausführen läßt als bei den früher beschriebenen Apparaten.

Nach erfolgter Einspannung befreit man die obere Klemme aus dem Haken, den Gewichtshebel durch Entfernung des Arretirungsstiftes und setzt den Apparat nach dem Einlegen der Sperrklinken am Gewichtshebel durch Drehen des Handrades in Thätigkeit. Nachdem das Handrad 2—3 Umdrehungen gemacht hat, löst man, ohne mit dem Drehen aufzuhören, die Schraube, welche die untere Klemme hochhält, damit sie beim Reißen des Streifens herunterfallen und den Dehnungshebel auslösen kann.

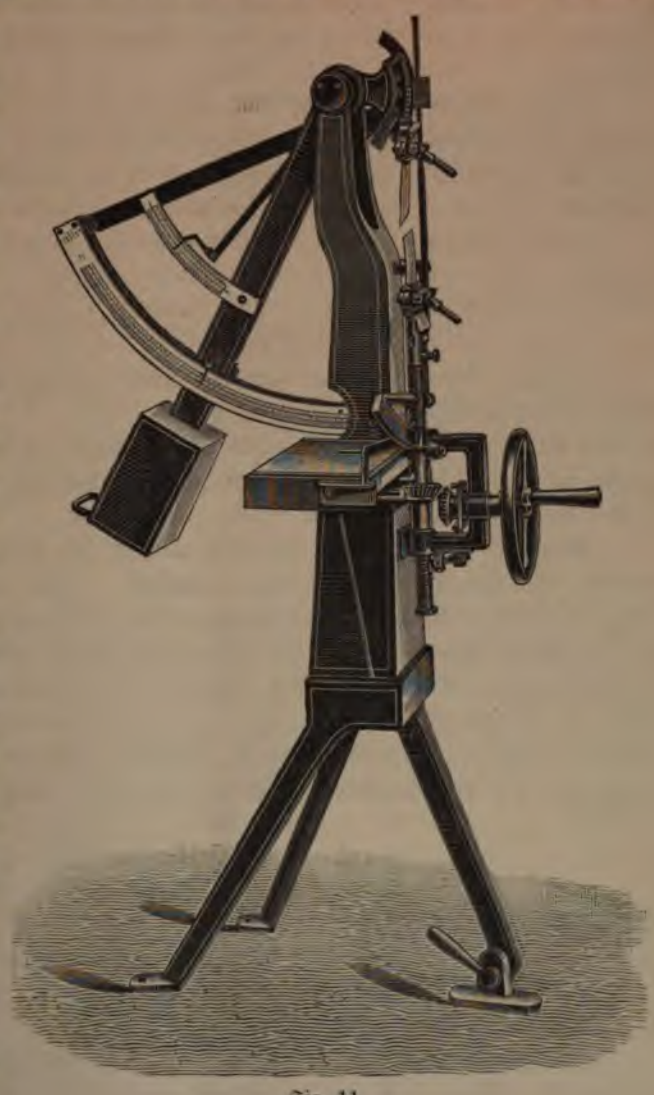


Fig. 11.

Nach dem Reißen des Streifens stehen, auch bei fortgesetztem Drehen des Handrades, die Hebel für Belastung und Dehnung fest und gestatten so eine sichere Ablesung der Bruchlast und Bruchdehnung.

Zum Prüfen von Materialien, welche beim Zerreißen mehr Kraft erfordern als Papier, z. B. Aktendeckel, Pappe, Tuch, Leinwand ꝛc., hat Schopper einen stärkeren Apparat bis zu einer Maximalkraftleistung von 150 g (Fig. 11) konstruirt. Da der Apparat nach denselben Grundsätzen gebaut ist wie der oben beschriebene, so erscheint ein weiteres Eingehen auf ihn überflüssig. Erwähnt mag nur werden, daß seine Klemmen, ebenfalls Excenterklemmen, die Anwendung von Streifen bis zu 50 mm Breite gestatten.

Beim Aufstellen des Schopperschen Apparates ist darauf zu achten, daß der Zeiger des unbelasteten Krafthebels auf Null und die Luftblase der am Stativ angebrachten Wasserwage in der Mitte einspielt. Die Reibung des Krafthebels in der Nähe des Nullpunktes ist sehr unbedeutend, das Einspielen auf Null daher sehr befriedigend.

Die Reibung im Apparat ist eine sehr unbedeutende; in der Versuchsanstalt ist bereits eine ganze Anzahl geprüft worden; der Reibungsfehler war selbst im ungünstigsten Falle

stets kleiner als 1 Prozent der Gesammtbelastung. Der Fehler verschwindet aber noch zum größten Theil, weil sich der Apparat während des Versuches niemals in absoluter Ruhe befindet, er ist daher für praktische Versuche ohne wesentliche Bedeutung. Die Vortheile, die der Schoppersche Apparat gegenüber den beiden ersterwähnten hat, liegen, abgesehen von der soliden und kräftigen Ausführung, in dem Vermeiden von Spiralfedern, in der besseren Ablesung von Bruchlast und Bruchdehnung infolge der großen Maßstäbe und in der senkrechten Anordnung des Apparates, welche ein bequemeres Arbeiten gestattet als eine wagerechte Aufstellung.

Durch das Vermeiden von Spiralfedern ist eine wiederholte Prüfung des Apparates auf die Zuverlässigkeit seiner Angaben nicht erforderlich; ist er vor der Benützung geprüft und dann gut aufgestellt, so hat man nur darauf zu achten, daß er nicht durch Stoß oder Schlag beschädigt und daß er stets in sauberem Zustande gehalten wird.

Diese Umstände machen den Apparat gerade für praktische Bedürfnisse besonders geeignet.

Berechnung der Reißlänge.

Während die beim Zerreißen von Papier gefundene Bruchdehnung unmittelbar zur Beurtheilung herangezogen werden kann, ist dies bei der Bruchlast ausgeschlossen, da sie wechselt mit der Breite und Dicke des Probestreifens. Eine Vertheilung auf den Querschnitt würde mit großen Fehlern behaftet sein, da man die Dicke des Papiers nicht mit genügend großer Genauigkeit messen kann.

Man hat deshalb, um von dem Einfluß der Breite des Streifens unabhängig zu werden, den Begriff der Reißlänge eingeführt. Man versteht unter Reißlänge diejenige Länge eines Papierstreifens von beliebiger aber gleichbleibender Breite und Dicke, bei welcher er, an einem Ende aufgehängt gedacht, infolge seines eigenen Gewichtes am Aufhängepunkt abreißen würde. Diese Länge kann natürlich aus der ermittelten Bruchlast abgeleitet werden. Ist z. B. G das Gewicht eines 0,18 m langen Streifens in Grammen, welcher bei einer Belastung von K Kilogramm zerreißt, so muß berechnet werden, wie lang der Streifen sein muß, um K Kilogramm schwer zu sein; d. h. wenn man diese gesuchte Länge mit x bezeichnet:

$$\frac{0{,}18}{G} = \frac{x}{K} \text{ oder } x = \frac{0{,}18\ K}{G} \text{ Meter.}$$

Aus dieser Hartigschen[1]) Formel ist ohne Weiteres ersichtlich, daß die Breite des Streifens keinen Einfluß auf die Reißlänge ausüben kann; z. B. würde bei Verdoppelung der Breite zwar eine Verdoppelung von K eintreten, aber auch gleichzeitig eine solche von G, so daß das Verhältniß wieder dasselbe wäre.

Von dem Einfluß der Dicke kann man sich nicht gänzlich frei machen, da bei verschiedenen Dicken bei gleichem Stoff die Beziehungen zwischen K und G nicht so einfach sind als bei verschiedener Breite. Es spielt hier wohl die Verfilzung eine Rolle, die bei dünnen Papieren eine andere sein wird als bei dicken; auch der schnellere Gang der Maschine bei Herstellung

[1]) Die Hoyersche Formel zur Berechnung der Reißlänge lautet:

$$R = \frac{P}{g\ b}\ 1000 \text{ Meter.}$$

(R = Reißlänge in Metern, p = Bruchlast in Grammen, b = Breite des zerrissenen Streifens in Millimetern, g = Gewicht eines Quadratmeters des untersuchten Papiers.

dünner Papiere und das schnellere Trocknen können von Einfluß sein. Daß ein Einfluß der Dicke vorhanden ist, haben die bisher hierüber angestellten Versuche deutlich ergeben; allerdings ist er erst nachzuweisen bei erheblichen Unterschieden in der Stärke; bei den gewöhnlich vorkommenden Schwankungen bei ein und derselben Papiersorte dürfte ein Einfluß angesichts der Ungleichmäßigkeit des Materials an sich kaum nachzuweisen sein.

Bei größeren Unterschieden in dem Einheitsgewicht unter sonst gleichen Umständen und bei gleichem Material nimmt die Reißlänge mit wachsender Dicke ab, während die Dehnung gleichzeitig zunimmt[1]).

Der weiteren Besprechung über die Berechnung der Reißlänge mögen die bei Prüfung eines schwachen, mit viel Füllstoffen beschwerten Konzeptpapiers mit Hülfe des Hartig-Reuschschen Apparates ermittelten und nachfolgend übersichtlich zusammengestellten Werthe (vergl. S. 79) zu Grunde gelegt werden.

Versuchs-Ergebnisse.

Maschinenrichtung					Querrichtung				
Streifen aus dem Bogen	Bruchbelastung	Bruchdehnung	Gewicht der fünf Streifen		Streifen aus dem Bogen	Bruchbelastung	Bruchdehnung	Gewicht der fünf Streifen	
			luftt.	bei 100° C getrocknet				luftt.	bei 100° C getrocknet
Nr.	kg	%	g	g	Nr.	kg	%	g	g
1	4,72	2,1			1	2,53	2,8		
2	4,87	2,3			2	2,58	2,8		
3	4,13	2,3			3	2,68	3,6		
4	4,75	2,3			4	2,48	2,9		
5	4,73	2,2			5	2,44	3,1		
Summe	23,20	11,2	1,369	1,289	Summe	12,71	15,2	1,327	1,242
Mittel	4,64	2,2		0,258	Mittel	2,54	3,0		0,248

Aus dem Unterschied in dem Gewicht der bei Zimmerwärme und bei 100 C° getrockneten Streifen ergiebt sich zunächst ein Feuchtigkeitsgehalt der Streifen aus der

Maschinenrichtung = 5,9 %,
Querrichtung = 6,4 %.

Im Mittel ergiebt sich also ein Feuchtigkeitsgehalt von 6,15 %.

Nach der oben angeführten Formel für die Reißlänge ergiebt sich ferner für die Maschinenrichtung eine Reißlänge von 3238 m, für die Querrichtung eine solche von 1844 m; im Mittel also: 2541 m.

Als mittlere Bruchdehnung ergiebt sich ohne Weiteres 2,6 %.

Auf Grund dieser Mittelwerthe würde die Einreihung des Papiers in eine der sechs Festigkeitsklassen erfolgen, nach denen das für den amtlichen Gebrauch bestimmte Papier eingetheilt ist; das untersuchte Papier würde zur fünften Festigkeitsklasse gehören, vorausgesetzt, daß es mindestens einen mittelmäßigen Widerstand gegen Zerknittern hätte, der für diese Klasse vorgeschrieben ist.

---

[1]) Ueber den Einfluß der Dicke auf die Festigkeitseigenschaften von Papier. Von W. Herzberg. „Mittheilungen" 1890, Heft 2, Seite 92.

Ueber die Abhängigkeit der Reißlänge des Papiers von der Dicke desselben. Von Dr. R. Lenz. (Petersburg) Papier-Zeitung 1891, Nr. 17, Seite 406.

Den Quotienten aus der Länge und dem Gewicht des Streifens, mit welchem man, wie oben gezeigt, die durch den Versuch gefundene Bruchbelastung multipliziren muß, um die Reißlänge zu erhalten, nennt man die Feinheitsnummer des Papiers. Da sich diese bei gleicher Länge der Probestreifen für unsere gewöhnlichen Schreib- und Druckpapiere stets innerhalb gewisser Grenzen bewegt, so ist eine Tabelle aufgestellt worden, welche bei einer Streifenlänge von 0,18 m für die am meisten vorkommenden Gewichte (0,100 — 0,419 g) eine direkte Ablesung der Feinheitsnummer ohne jede Rechnung gestattet.

Tabelle zur Bestimmung der Feinheitsnummer.

Die fettgedruckten Zahlen beziehen sich auf das Gewicht eines Streifens von 0,18 m Länge, die darunter stehenden kursivgedruckten geben die zugehörigen Feinheitsnummern an.

0,100	**0,120**	**0,140**	**0,160**	**0,180**	**0,200**	**0,220**	**0,240**	**0,260**	**0,280**	**0,300**	**0,320**	**0,340**	**0,360**	**0,380**	**0,400**
1,800	*1,500*	*1,286*	*1,125*	*1,000*	*0,900*	*0,818*	*0,750*	*0,692*	*0,643*	*0,600*	*0,563*	*0,529*	*0,500*	*0,474*	*0,450*
0,101	**0,121**	**0,141**	**0,161**	**0,181**	**0,201**	**0,221**	**0,241**	**0,261**	**0,281**	**0,301**	**0,321**	**0,341**	**0,361**	**0,381**	**0,401**
1,782	*1,488*	*1,277*	*1,118*	*0,994*	*0,896*	*0,814*	*0,747*	*0,690*	*0,641*	*0,598*	*0,561*	*0,528*	*0,499*	*0,472*	*0,449*
0,102	**0,122**	**0,142**	**0,162**	**0,182**	**0,202**	**0,222**	**0,242**	**0,262**	**0,282**	**0,302**	**0,322**	**0,342**	**0,362**	**0,382**	**0,402**
1,765	*1,475*	*1,268*	*1,111*	*0,989*	*0,891*	*0,811*	*0,744*	*0,687*	*0,638*	*0,596*	*0,559*	*0,526*	*0,497*	*0,471*	*0,448*
0,103	**0,123**	**0,143**	**0,163**	**0,183**	**0,203**	**0,223**	**0,243**	**0,263**	**0,283**	**0,303**	**0,323**	**0,343**	**0,363**	**0,383**	**0,403**
1,748	*1,463*	*1,259*	*1,104*	*0,984*	*0,887*	*0,807*	*0,741*	*0,684*	*0,636*	*0,594*	*0,557*	*0,525*	*0,496*	*0,470*	*0,447*
0,104	**0,124**	**0,144**	**0,164**	**0,184**	**0,204**	**0,224**	**0,244**	**0,264**	**0,284**	**0,304**	**0,324**	**0,344**	**0,364**	**0,384**	**0,404**
1,731	*1,452*	*1,250*	*1,098*	*0,978*	*0,882*	*0,804*	*0,738*	*0,682*	*0,634*	*0,592*	*0,556*	*0,523*	*0,495*	*0,469*	*0,446*
0,105	**0,125**	**0,145**	**0,165**	**0,185**	**0,205**	**0,225**	**0,245**	**0,265**	**0,285**	**0,305**	**0,325**	**0,345**	**0,365**	**0,385**	**0,405**
1,714	*1,440*	*1,241*	*1,091*	*0,973*	*0,878*	*0,800*	*0,735*	*0,679*	*0,632*	*0,590*	*0,554*	*0,522*	*0,493*	*0,468*	*0,444*
0,106	**0,126**	**0,146**	**0,166**	**0,186**	**0,206**	**0,226**	**0,246**	**0,266**	**0,286**	**0,306**	**0,326**	**0,346**	**0,366**	**0,386**	**0,406**
1,698	*1,429*	*1,233*	*1,084*	*0,968*	*0,874*	*0,796*	*0,732*	*0,677*	*0,629*	*0,588*	*0,552*	*0,520*	*0,492*	*0,466*	*0,443*
0,107	**0,127**	**0,147**	**0,167**	**0,187**	**0,207**	**0,227**	**0,247**	**0,267**	**0,287**	**0,307**	**0,327**	**0,347**	**0,367**	**0,387**	**0,407**
1,682	*1,417*	*1,224*	*1,078*	*0,963*	*0,870*	*0,793*	*0,729*	*0,674*	*0,627*	*0,586*	*0,550*	*0,519*	*0,490*	*0,465*	*0,442*
0,108	**0,128**	**0,148**	**0,168**	**0,188**	**0,208**	**0,228**	**0,248**	**0,268**	**0,288**	**0,308**	**0,328**	**0,348**	**0,368**	**0,388**	**0,408**
1,667	*1,406*	*1,216*	*1,071*	*0,957*	*0,865*	*0,789*	*0,726*	*0,672*	*0,625*	*0,584*	*0,549*	*0,517*	*0,489*	*0,464*	*0,441*
0,109	**0,129**	**0,149**	**0,169**	**0,189**	**0,209**	**0,229**	**0,249**	**0,269**	**0,289**	**0,309**	**0,329**	**0,349**	**0,369**	**0,389**	**0,409**
1,651	*1,395*	*1,208*	*1,065*	*0,952*	*0,861*	*0,786*	*0,723*	*0,669*	*0,623*	*0,583*	*0,547*	*0,516*	*0,488*	*0,463*	*0,440*
0,110	**0,130**	**0,150**	**0,170**	**0,190**	**0,210**	**0,230**	**0,250**	**0,270**	**0,290**	**0,310**	**0,330**	**0,350**	**0,370**	**0,390**	**0,410**
1,636	*1,385*	*1,200*	*1,059*	*0,947*	*0,857*	*0,783*	*0,720*	*0,667*	*0,621*	*0,581*	*0,545*	*0,514*	*0,486*	*0,462*	*0,439*
0,111	**0,131**	**0,151**	**0,171**	**0,191**	**0,211**	**0,231**	**0,251**	**0,271**	**0,291**	**0,311**	**0,331**	**0,351**	**0,371**	**0,391**	**0,411**
1,622	*1,374*	*1,192*	*1,053*	*0,942*	*0,853*	*0,779*	*0,717*	*0,664*	*0,619*	*0,579*	*0,544*	*0,513*	*0,485*	*0,460*	*0,438*
0,112	**0,132**	**0,152**	**0,172**	**0,192**	**0,212**	**0,232**	**0,252**	**0,272**	**0,292**	**0,312**	**0,332**	**0,352**	**0,372**	**0,392**	**0,412**
1,607	*1,364*	*1,184*	*1,047*	*0,937*	*0,849*	*0,776*	*0,714*	*0,662*	*0,616*	*0,577*	*0,542*	*0,511*	*0,484*	*0,459*	*0,437*
0,113	**0,133**	**0,153**	**0,173**	**0,193**	**0,213**	**0,233**	**0,253**	**0,273**	**9,293**	**0,313**	**0,333**	**0,353**	**0,373**	**0,393**	**0,413**
1,593	*1,353*	*1,176*	*1,040*	*0,933*	*0,845*	*0,773*	*0,711*	*0,659*	*0,614*	*0,575*	*0,541*	*0,510*	*0,483*	*0,458*	*0,436*
0,114	**0,134**	**0,154**	**0,174**	**0,194**	**0,214**	**0,234**	**0,254**	**0,274**	**0,294**	**0,314**	**0,334**	**0,354**	**0,374**	**0,394**	**0,414**
1,579	*1,343*	*1,169*	*1,034*	*0,928*	*0,841*	*0,769*	*0,709*	*0,657*	*0,612*	*0,573*	*0,539*	*0,508*	*0,481*	*0,457*	*0,435*
0,115	**0,135**	**0,155**	**0,175**	**0,195**	**0,215**	**0,235**	**0,255**	**0,275**	**0,295**	**0,315**	**0,335**	**0,355**	**0,375**	**0,395**	**0,415**
1,565	*1,333*	*1,161*	*1,029*	*0,923*	*0,837*	*0,766*	*0,706*	*0,655*	*0,610*	*0,571*	*0,537*	*0,507*	*0,480*	*0,456*	*0,434*
0,116	**0,136**	**0,156**	**0,176**	**0,196**	**0,216**	**0,236**	**0,256**	**0,276**	**0,296**	**0,316**	**0,336**	**0,356**	**0,376**	**0,396**	**0,416**
1,552	*1,324*	*1,154*	*1,023*	*0,918*	*0,833*	*0,763*	*0,703*	*0,652*	*0,608*	*0,570*	*0,536*	*0,506*	*0,479*	*0,455*	*0,433*
0,117	**0,137**	**0,157**	**0,177**	**0,197**	**0,217**	**0,237**	**0,257**	**0,277**	**0,297**	**0,317**	**0,337**	**0,357**	**0,377**	**0,397**	**0,417**
1,538	*1,314*	*1,146*	*1,017*	*0,914*	*0,829*	*0,759*	*0,700*	*0,650*	*0,606*	*0,568*	*0,534*	*0,504*	*0,477*	*0,453*	*0,432*
0,118	**0,138**	**0,158**	**0,178**	**0,198**	**0,218**	**0,238**	**0,258**	**0,278**	**0,298**	**0,318**	**0,338**	**0,358**	**0,378**	**0,398**	**0,418**
1,525	*1,304*	*1,139*	*1,011*	*0,909*	*0,826*	*0,756*	*0,698*	*0,647*	*0,604*	*0,566*	*0,533*	*0,503*	*0,476*	*0,452*	*0,431*
0,119	**0,139**	**0,159**	**0,179**	**0,199**	**0,219**	**0,239**	**0,259**	**0,279**	**0,299**	**0,319**	**0,339**	**0,359**	**0,379**	**0,399**	**0,419**
1,513	*1,295*	*1,132*	*1,006*	*0,905*	*0,822*	*0,753*	*0,695*	*0,645*	*0,602*	*0,564*	*0,531*	*0,501*	*0,475*	*0,451*	*0,430*

In dieser Tabelle bedeuten die fettgedruckten Zahlen die Gewichte eines Normalstreifens von 0,18 m an und die darunter befindlichen, kursiv gedruckten die Feinheitsnummer.

Mit Hülfe dieser Tabelle vereinfacht sich die Berechnung der Reißlänge bedeutend, indem man nur die unter dem Werthe für das mittlere Trocken-Gewicht der geprüften fünf Streifen stehende Kursivzahl mit der mittleren Bruchbelastung in Grammen zu multipliziren hat, um die Reißlänge in Metern zu erhalten.

Auf die Berechnung des Arbeitsmoduls, der den Begriff der Reißlänge und Dehnung in sich vereinigt, indem er den Arbeitsaufwand und zwar in Meterkilogramm darstellt, bezogen auf einen Streifen von 1 m Länge und 1 g Gewicht, soll an dieser Stelle nicht eingegangen werden, da ja von einer Einreihung des Arbeitsmoduls in die für die Normalpapiere aufgestellten Tabellen Abstand genommen ist. Wer sich eingehender hierüber unterrichten will, findet nähere Angaben in der Originalarbeit von Prof. Hartig in Dresden (Papier-Zeitung 1881).

Bekanntmachung.

Auf Grund des § 3 der in Nr. 284 des „Deutschen Reichs- und Königlich Preußischen Staats-Anzeigers" vom 2. Dezember 1891 veröffentlichten und am 1. Januar 1893 in Kraft getretenen „Vorschriften für die Lieferung und Prüfung von Papier zu amtlichen Zwecken" haben ferner die folgenden Fabrikanten ihr Wasserzeichen bei der unterzeichneten Anstalt angemeldet.

Die Anmeldungen Nr. 1—14 sind in den „Mittheilungen" 1892, Heft 2, Seite 92,
" " " 15—49 " " " " 1892, " 4, " 143—144,
" " " 50—55 " " " " 1892, " 5, " 187 und
" " " 56—65 " " " " 1892, " 6, " 318
veröffentlicht.

Laufende Nr.	Firma	Wortlaut des Wasserzeichens
66	Wintersche Papierfabriken in Altkloster bei Buxtehude (Provinz Hannover)	Wintersche Papierfabriken Altkloster . . . . Normal . . . .
67	J. J. Goßler in Frankeneck bei Lambrecht (Pfalz)	J. J. Gossler 1893 Frankeneck Normal . . . . .

Charlottenburg, den 23. Mai 1893.

Königliche mechanisch-technische Versuchsanstalt.

J. V.

Rudeloff.

Für die Redaktion verantwortlich: A. Martens. — Verlag von Julius Springer in Berlin.

Druck von E. Buchbinder in Neu-Ruppin.

Von den

Mittheilungen

aus den

Königlichen technischen Versuchsanstalten

zu **Berlin**

herausgegeben im Auftrage der Königlichen Aufsichts-Kommission

Jährlich 6—8 Hefte

liegen vollständig vor:

Neunter Jahrgang. 1891. — Mit 6 lithographirten Tafeln und Abbildungen im Text.

Inhalt:

1. Heft. Bekanntmachung der Königlichen Aufsichtskommission. — **Prof. Martens.** Ueber Materialprüfung durch Schlagversuche. — **Herzberg.** Ueber die Schätzung des Holzschliffs im Papier. — **Dr. Holde.** Zur Prüfung von Mineralölen und fetten Oelen auf Harzöle.
2. Heft. **Prof. Martens.** Ueber Materialprüfung durch Schlagversuche (Fortsetzung). — **Dalén.** Untersuchung eines Schopperschen Festigkeitsprüfers. — **Dr. Holde.** Die Hübl'sche Jodadditionsmethode. — **Dr. Bender.** Ueber den Einfluß des Abkühlens von Oelen auf ihren Flüssigkeitsgrad. — **Dr. Holde.** Ueber die Methoden zur Untersuchung von Olivenöl auf Erdnußöl. — **Rothe.** Untersuchungen über die Schwefelbestimmung in Kohlen nach Eschkacher Methode.
3. Heft. **Rudeloff.** Untersuchungen über den Einfluß des Ausglühens auf die physikalischen Eigenschaften von Eisen- und Stahldrähten. — **Prof. Martens.** Ueber die Materialprüfung durch Schlagversuche (Schluß). — **Rudeloff.** Festigkeitsuntersuchungen mit einer Stahlkette ohne Schweißnähte.
4. u. 5. Heft. **Prof. Dr. Böhme.** Resultate der Untersuchungen von künstlichen Steinen. — **Prof. Dr. Böhme.** Cementuntersuchungen aus den Betriebsjahren 1889/90 und 1890/91. — **Prof. Dr. Böhme.** Untersuchungen auf Feuerbeständigkeit an zwei kleinen Gebäuden, welche auf dem Grundstücke der Königlichen technischen Hochschule in Charlottenburg aus Schilfbrettern nach dem System Giraudi errichtet wurden.
6. Heft. Bericht über die Thätigkeit der Königlichen technischen Versuchsanstalten im Etatsjahre 1890/91. — **Prof. Martens.** Die mikrophotographische Ausrüstung der Königlichen mechanisch-technischen Versuchsanstalt. — **Herzberg.** Die Bestimmung der Maschinenrichtung eines Papiers. — **Dr. Holde.** Die Untersuchung der vegetabilischen Schmieröle mit besonderer Berücksichtigung der qualitativen Reaktionen.

Zehnter Jahrgang. 1892. — Mit 2 lithographirten Tafeln und Abbildungen im Text.

Inhalt.

1. Heft. Vorschriften für die Lieferung und Prüfung von Papier zu amtlichen Zwecken. — **Herzberg.** Ueber die Feststellung der Mengenverhältnisse der in einem Papier vorhandenen Faserarten. (Prof. Martens Nachschrift hierzu.) — **Herzberg.** Ueber eine Methode zur schnellen Unterscheidung von natürlichen und künstlichen Wasserzeichen. — **Prof. Dr. Böhme.** Untersuchungen von Cement-, Kalk- und Kalktraß-Mörteln. — **Prof. Dr. Finkener.** Ueber die quantitative Bestimmung des Holzschliffes im Papier nach R. Godeffroy und Max Coulon.
2. Heft. **Prof. Martens.** Ueber einige in der mechan.-technischen Versuchsanstalt ausgeführte mikroskopische Eisenuntersuchungen. — **Rudeloff.** Untersuchungen von Beschlagtheilen aus schmiedbarem Guß. — **Herzberg.** Normalpapiere mit Wasserzeichen. — **Herzberg.** Ueber eine neue, einfache Methode zum Nachweis der Harzleimung im Papier. — **Dr. Holde.** Ueber die Veränderung von Schmierölen und ihren Verfälschungsmitteln beim Lagern. — **Dalén.** Garnprüfer. — Bekanntmachung. Wasserzeichen-Anmeldungen.
3. Heft. Bekanntmachung. Papierlieferungen an die Standesämter. — **Rudeloff.** Festigkeitsuntersuchungen mit Kondensationsrohren aus Messing. — **Herzberg.** Normalpapiere. — **Herzberg.** Sicherheitspapier. — **Herzberg.** Holländische Büttenpapiere. — **Herzberg.** Die Siebrückstände der Kartoffelstärkefabrikation (Pülpe) als Zusatzstoff für Papier. — **Dr. Holde.** Zur Prüfung der Kältebeständigkeit von schwarzen Mineralschmierölen. — **Dr. Holde.** Extraktionsapparat zum Extrahiren von Flüssigkeiten und breiigen Substanzen. — **Rothe.** Trennung des Eisens von anderen Elementen nach einem neuen Verfahren.
4. Heft. Bekanntmachung. Wasserzeichen-Anmeldungen. — **Herzberg.** Untersuchung von Schnürschuh-, Brotbeutel- und Zeltstoffen. — Vorschriften über Lieferung und Prüfung von Eisenbahnschmierölen. — **Prof. Dr. Böhme.** Ergebnisse der Untersuchungen von fünf Kunstsandsteinsorten. — **Prof. Dr. Böhme.** Untersuchungen von Kunstsandstein-Masse. — **Prof. Dr. Böhme.** Resultate der Untersuchungen eines Gußmaterials (Terracotta-Imitation). — **Dr. Holde.** Konsistente Schmiermittel.
5. Heft. Bekanntmachung. Wasserzeichen-Anmeldungen. — **Prof. Dr. Böhme.** Untersuchungen von natürlichen Gesteinen auf Festigkeit, spezifisches Gewicht, Wasseraufnahme und Abnutzbarkeit. — Resultate der Untersuchungen eines künstlichen Steinmaterials „Pyrogranit". Antragsteller Paul de Kristoffsovitch in St. Petersburg.
6. Heft. Bekanntmachung. Mittheilung der Ergebnisse amtlicher Papierprüfungen an den Wasserzeichen-Inhaber. — Bericht über die Thätigkeit der Königl. techn. Versuchsanstalten im Etatsjahre 1891/92. — **Herzberg.** Alte und neue Vorschriften über die Herstellung und Eigenschaften von Papier. — **Rudeloff.** Untersuchungen von Treibriemen auf Elastizität und Festigkeit. — **Dr. Ruhemann.** Qualitativer Nachweis von fettem Oel in Mineralöl. — **Dr. Holde.** Zur Untersuchung von Kautschukwaaren. — Erklärung (zu Stoffklasse I). — Bekanntmachung. Wasserzeichen-Anmeldungen.

Mittheilungen
aus den
Königlichen technischen Versuchsanstalten
zu Berlin.

Herausgegeben im Auftrage
der Königlichen Aufsichts-Kommission.

XI. Jahrgang. 1893. Drittes Heft.

1. Untersuchungen über den Einfluß des Materiales und der Konstruktion auf die Festigkeit von Hanfseilen.[1])

Vom stellvertretenden Vorsteher M. Rudeloff.

Im Nachstehenden mögen die Ergebnisse der umfassenden Zerreißversuche mit Seilen besprochen sein, welche auf Veranlassung des Verbandes Deutscher Seiler in den Jahren 1890 und 1891 in der Versuchsanstalt ausgeführt wurden und welche ich inzwischen durch eingehende Versuche theils mit den zu den gedachten Seilen verwendeten und mit diesen gleichzeitig eingelieferten Hanf- und Garnproben, theils mit besonders gefertigten Garnen zwecks praktischer und wissenschaftlicher Ausbeutung ergänzt habe.

Bevor ich jedoch auf die Versuche und deren Ergebnisse selbst eingehe, glaube ich einen kurzen Ueberblick über die Entstehung des Prüfungsantrages und des zu Grunde gelegten Arbeitsplanes geben zu sollen.

Am 15. August 1887 unterbreitete der Vorstand des genannten Verbandes Sr. Excellenz dem Herrn Minister der geistlichen, Unterrichts- und Medizinalangelegenheiten ein Gesuch um Unterstützung der vom Verbande beabsichtigten umfassenden Prüfungen von Tauwerk zur Ermittelung der Abhängigkeit der Seilfestigkeit von dem verwendeten Rohmaterial, von den verschiedenen Arbeitsmethoden und von der Konstruktion. Die Begründung dieses Gesuches gipfelte in den Ausführungen, daß die allgemeine Kenntniß von diesen Einflüssen, welche allein eine zweckmäßige Ausnutzung des verfügbaren Materiales ermögliche, mit der gesteigerten Verwendung von Tauwerk nicht in gleichem Maße vorgeschritten sei. Die Großindustrie besitze die Mittel durch Versuche sich Aufklärung zu verschaffen, nicht aber die Kleinseilerei. Diese sei darauf angewiesen, Belehrung aus den an die Oeffentlichkeit gebrachten Versuchsergebnissen zu schöpfen. Das vorliegende, einschlägige Material sei unzuverlässig und lückenhaft, entspreche daher den heutigen Bedürfnissen nicht. —

Mit Erlaß vom 29. November 1887 stellte der Herr Minister dem Verbande seine Unterstützung in Aussicht und gab ihm anheim, gemeinsam mit der Versuchsanstalt einen Arbeitsplan für die anzustellenden Versuche auszuarbeiten.

Die Verhandlungen hierüber wurden durch ein Schreiben des Verbands-Vorstandes vom 7. Februar 1888 eingeleitet, in dem zugleich diejenigen Gesichtspunkte niedergelegt waren,

[1]) Nach einem Vortrage, gehalten auf dem VI. Verbandstage des Deutschen Seiler- und Reepschläger-Verbandes am 11. März 1893.

auf welche im Interesse der Kleinseilerei die Untersuchungen sich erstrecken sollten. Im weiteren Verfolg der Angelegenheit kam man überein, daß es im Interesse der Sache zweckdienlich sei, zu den Berathungen über den endgültigen Arbeitsplan auch außerhalb des Verbandes stehende hervorragende Fachleute heranzuziehen. Die Bemühungen nach dieser Richtung scheiterten indessen fast gänzlich.

Die aufgeforderten Vertreter der Großindustrie hielten sich fern mit dem Bemerken, daß sie ihre Waare und den Einfluß der Herstellungsweise auf dieselbe genau kennten und kein Interesse daran hätten, die Kleinseilerei durch Preisgabe ihrer Geschäftserfahrungen zu belehren. Dies um so weniger als die Kleinseilerei hinsichtlich ihrer Produktionsmenge von geringer Bedeutung sei gegenüber der Großindustrie. Auch seien die geplanten Untersuchungen ohne Werth. Die Leistung der Industrie könne nach ihnen nicht beurtheilt werden, indem nur geschmeichelte Proben zur Einsendung kommen würden. Die Hauptsache zur Erzielung brauchbarer Seile sei die richtige Wahl einer dem Verwendungszweck angepaßten Konstruktion. Um diese zu treffen, seien umfangreiche Erfahrungen nöthig; die Großindustrie besitze dieselben, sei aber nicht gewillt, sie der Kleinindustrie preiszugeben. —

Nur Herr Geh. Reg.-Rath Professor Dr. Hartig aus Dresden stellte seine reichen Erfahrungen in dankenswerther Weise zur Verfügung, indem er an der gemeinsamen Berathung über den Versuchsplan, welche am 2. Oktober 1888 unter Leitung des Vorstehers der Versuchsanstalt, des Herrn Professor Martens stattfand, theilnahm. Hierbei wurde beschlossen, die Beschaffung des Probematerials, bestehend aus Seilen sowie aus den verarbeiteten Hanfsorten und Garnen, dem Verbande zu überlassen. Auch sollte die Wahl des Materiales sowie der Seilkonstruktion jedem Theilnehmer, d. h. den einzelnen Lieferanten anheimgestellt sein.

Man ging hierbei nach den Erörterungen des Herrn Hartig von der Ansicht aus, daß gerade durch die Prüfung von Versuchsstücken aus ausgesucht bestem Material, wie es bei freier Wahl erwartet werden konnte, einem berechtigten Bedürfniß der Seilverbraucher Rechnung getragen würde und daß es außerdem im wirthschaftlichen Interesse liege, durch genaue und erschöpfend durchgeführte Versuche festzustellen, auf welche Weise und bis zu welchem Grade man das zur Verfügung stehende Rohmaterial vortheilhaft ausnutzen, und in wieweit besonders die gute sorgfältige Konstruktion hierzu beitragen könne. Daß etwa nach Veröffentlichung der erhaltenen Ergebnisse nun auch für Seillieferungen diese höchsterreichten Werthe gefordert werden würden, stand nicht zu erwarten; vielmehr mußte angenommen werden, daß jeder dem Umstande Rechnung tragen würde, daß die Ergebnisse mit ausgesucht bestem Material erzielt waren. —

Die Proben sollten unmittelbar an die Versuchsanstalt eingeliefert, von dieser mit laufenden Nummern versehen und ohne Namhaftmachung des Einsenders einer vom Verbande eingesetzten Kommission von Fachleuten vorgelegt werden. Diese Kommission sollte dann vor Beginn der Prüfung feststellen, ob das beigefügte Rohmaterial und die Garne den eingelieferten Seilproben entsprächen. Ferner sollte sie über die Art und Güte des Materiales und der Seilproben ein Urtheil abgeben, welches später mit den einschlägigen, in besonderen Fragebogen niederzulegenden Angaben des Einsenders zu vergleichen waren.

Im Uebrigen wurden hinsichtlich des Probenmateriales und der zu demselben zu beantwortenden Fragen sowie hinsichtlich des Umfanges der Versuche folgende Vereinbarungen getroffen:

„Für die Probestücke sollen bestimmte Seilstärken gewählt werden, auch ist anzugeben, welchen Zwecken das Seil dienen soll. Es ist erwünscht, daß von den Theilnehmern je ein

aus den verschiedenen Faserſorten hergeſtelltes, vorſchriftsmäßiges Verſuchsſtück roh, getheert oder ſonſt imprägnirt eingeliefert werde. Die rohen Seile müſſen ungeſtrichen ſein, den getheerten und imprägnirten Seilen iſt außerdem ein gleiches rohes Seilſtück beizufügen. Auch können ſich die Verſuche auf geflochtene Seile erſtrecken, um feſtzuſtellen, ob geflochtene ſo feſt ſind wie gedrehte.

An Probenmaterial iſt einzuſenden:

a) 1 kg ungehecheltes Rohmaterial,
b) 1 kg gehecheltes Rohmaterial,
c) $^1/_2$ kg daraus geſponnenes Garn und zwar daſſelbe, welches zu dem Verſuchstau Verwendung gefunden hat,
d) 10 m Litze,
e) 6 m Seil.

Von den Theilnehmern ſind ferner folgende Fragen zu beantworten, die ihnen in Form eines Fragebogens vorgelegt werden:

1. Aus welcher bez. welchen Hanfſorten iſt das Seil gefertigt und wie heißen die betreffenden Marken?
2. Wie iſt der Hanf bearbeitet: roh, geklärt, abgeſpitzt oder rein abgezogen?
3. Wenn verſchieden bearbeiteter Hanf Verwendung gefunden hat, wieviel Garne kommen auf die einzelnen Sorten?
4. Wie viel Meter Garn ſind aus $^1/_2$ kg Hanf geſponnen?
5. Aus wieviel Garnen und Litzen beſteht das Seil?
6. Iſt das Garn auf mechaniſchem Wege oder mit der Hand geſponnen?
7. Iſt das Seil angeſchoren, geſchlagen oder durch Buchſen ausgetrieben?
8. Im letzteren Falle ob durch Handbetrieb, durch Pferdekraft oder durch Dampfkraft?
9. Hat das Seil eine Seele (Herz) und
   a) woraus beſteht dieſelbe?
   b) welchen Durchmeſſer hat ſie?
   c) welches Gewicht pro Meter hat ſie?
10. Bei getheerten Seilen
   a) iſt das Seil im Garn, in der Litze oder nach der Fertigſtellung getheert?
   b) was für Theer iſt verwendet?
11. Iſt das Seil außerdem und überhaupt mit einer anderen Maſſe imprägnirt, eventuell mit welcher und in welcher Weiſe?

Bei der Verſuchsausführung ſollten dann folgende Punkte ermittelt werden:

Der durchſchnittliche Drehungsgrad und Drehungsſinn der Garne und des Seiles. — Ob das Seil eine Nachdrehung erfahren hat. — Das Seilgewicht für das laufende Meter. — Der Umfang, Querſchnitt und das ſpezifiſche Gewicht des Seiles. — Die Dehnung des Seiles bis zum Bruch — und die Bruchfeſtigkeit. —"

Nach Aufſtellung der vorgenannten Geſichtspunkte, welche maßgebend ſein ſollten, falls auf eine Unterſtützung des Miniſteriums gerechnet würde, blieb es dem Vorſtande des Verbandes überlaſſen, für eine genügende Theilnahme bei Einlieferung des Probematerials Sorge zu tragen. —

Im November 1889 theilte der Vorstand der Versuchsanstalt nun mit, daß er von der Staatssubvention absehen müsse, weil der Verband eine genügende Theilnahme nicht gewährleisten könne. Er zöge es daher vor, die geplanten Versuche auf Grund eines besonderen Prüfungsantrages zur Ausführung bringen zu lassen.

Die Bedingungen, welche der Verband den einzelnen Mitgliedern für die Theilnahme an dem Antrage stellte, wurden in ihrem technischen Theil seitens der Versuchsanstalt ausgearbeitet. Hierbei wurde ein ganz besonderer Werth darauf gelegt, daß alle Theilnehmer mindestens ein Seil gleicher Stärke lieferten und daß von allen Seilproben hinreichendes Material zur Ausführung von mindestens zwei Zerreißversuchen zur Stelle war. Die Seile gleicher Stärke, wofür 26 mm festgesetzt wurden, mußten gefordert werden, um gewissermaßen ein Bindeglied, eine Bezugseinheit beim späteren Vergleich sämmtlicher Probesendungen aus verschiedenem Material und verschiedener Konstruktion unter einander zu haben. Die Forderung aber von mindestens zwei gleichartigen Versuchen war darin begründet, daß es durchaus unzulässig ist, die Güte und Festigkeit ganz besonders von nicht homogenem Probematerial, wie Seile es sind, nach dem Ausfall *eines* Versuches beurtheilen zu wollen. Die Versuchsanstalt ist daher auch im Allgemeinen bemüht zwecks Erlangung zuverlässiger Mittelwerthe die Antragsteller in deren eigenem Interesse zu fünf gleichartigen Versuchen zu veranlassen.

Ferner schrieb die Versuchsanstalt die Beantwortung eines Fragebogens vor, dessen einzelne Punkte im wesentlichen mit den oben aufgeführten Fragen sich deckten, welche zu der ursprünglich in Aussicht genommenen systematischen Untersuchung gestellt werden sollten. Schließlich wurde die Einlieferung von je $^1/_2$ kg rohen und gehechelten Hanfes und hieraus gesponnenen Garnes und zwar desselben, welches zu dem Versuchstau verwendet war, gewünscht, aber den einzelnen Theilnehmern freigestellt.

Die Theilnahme an der hiernach vom Verbande veranstalteten Untersuchungsreihe erstreckte sich auf 29 Seilereien, welche insgesammt 81 Hanfseile und 15 Drahtseile zur Prüfung einlieferten. Von den Hanfseilen, auf deren Untersuchung die nachfolgenden Besprechungen sich allein erstrecken werden, bestanden 49 aus russischem, Königsberger oder polnischem, 15 aus italienischem, 6 aus ungarischem Hanf, 8 aus badischem Schleiß-Hanf und 3 aus Manila-Hanf. Ihrem angeblichen Verwendungszweck nach waren es hauptsächlich Lastseile; nur 4 waren als Transmissionsseile und 12 als Schiffstaue bezeichnet und von zweien war der Verwendungszweck überhaupt nicht angegeben. Ihrer Konstruktion nach waren es 68 Rundschlag- und 13 Kabelschlag-Seile.

Zu den Hanfseilen wurden ferner 37 Garnsorten und 34 Hanfsorten eingereicht. Diese Rohmaterialien und Halbfabrikate gelangten indessen fast ausschließlich ohne besonderen Antrag der Einsender, im wissenschaftlichen Interesse zur Untersuchung. —

A. Gegenstand der Prüfung und die Versuchsausführung.

Ueber den Gegenstand der Prüfung, d. h. über die einzelnen Punkte, auf welche die Beobachtungen bei den verschiedenen Materialien sich erstreckten, sowie über die Art der Versuchsausführung mögen folgende allgemeine Mittheilungen vorausgeschickt sein.

An den **Hanfproben** wurde nur der Aschengehalt ermittelt[1]) und zwar, soweit Proben vorlagen, gesondert für die verschiedenen Zustände der Bearbeitung, d. h. für den rohen, eingeklärten, abgespitzten und rein abgezogenen Hanf. Die Veraschung erfolgte über einer

[1]) Die Versuche wurden durch den Assistenten Herrn Hidde ausgeführt.

Gasflamme im Platintiegel. Die Hanfproben wurden den eingelieferten Kolben an beliebiger Stelle entnommen, gesondert in Trockengläser gebracht, dann in einem Trockenofen bei 100° C bis zur vollständigen Trockenheit erhitzt und das Materialgewicht für diesen Zustand ermittelt. Nach dem Veraschen wurde das Gewicht des Platintiegels mitsammt der Asche erhoben, von diesem das Tiegelgewicht, welches wiederholt kontrolirt wurde, in Abzug gebracht und so die Aschenmenge erhalten, welche in dem vorher abgewogenen trockenen Material enthalten war.

Alle Gewichtserhebungen erfolgten bis auf Zehntel von Milligrammen. Um aus diesen Gewichten Vergleichswerthe zu erlangen, wurde schließlich der Aschengehalt in Prozente des Hanfgewichtes umgerechnet nach der Proportion:

$$\frac{\text{Hanfgewicht}}{\text{Aschengewicht}} = \frac{100}{x} \cdot —$$

Von großem Interesse wäre es gewesen, auch das spezifische Gewicht und vor allem die Festigkeit und Reißlänge der Hanffasern an sich zu kennen, um aus der letzteren und der Reißlänge der Garne feststellen zu können, inwieweit die Festigkeit der Faser in dem Garn zur Ausnutzung kommt. Leider fehlte es indessen zu diesen umfassenden Versuchen bisher an Zeit, sodaß sie unterbleiben mußten. Hoffentlich finde ich später einmal Muße, diese Lücke noch auszufüllen.

An den **Garnproben** wurde das Gewicht sowie die Richtung und Zahl der Windungen (der Draht), für das laufende Meter, die fortschreitende Drehung für die einzelnen Laststufen und die Bruchlast in je fünf Einzelversuchen ermittelt. Die Versuche wurden zum größten Theil durch die Assistenten Herren Goesmann und Albrecht ausgeführt. Um die Einheitlichkeit in der Versuchsausführung zu wahren, hatte ich einen eingehenden Arbeitsplan schriftlich niedergelegt, aus dem Folgendes hier angeführt sein möge.

Die Proben zur Bestimmung des Drahtes und der Zugfestigkeit wurden abwechselnd hintereinander entnommen, und zwar bei den aufgespulten und aufgewickelten Garnen von demselben Ende. Bei den Garnen, welche in Form von Knäueln eingeliefert waren, wurden je drei Proben vom äußeren und je zwei Proben vom inneren Ende entnommen. Die Proben wurden immer unmittelbar vor dem Versuch einzeln abgeschnitten. Sie wurden hierbei hinreichend lang bemessen, sodaß die Einspannung zum Versuch soweit von der Schnittstelle entfernt zu liegen kam, daß der etwa bestehende Einfluß des Schnittes auf den Drehungsgrad sich nicht in die Versuchslänge erstreckte. Auch wurde vor dem Abschneiden zu beiden Seiten der Schnittstelle ein Knoten geschlagen, um das Aufdrehen des Garnes möglichst zu vermeiden.

Die Zugversuche wurden auf der von mir konstruirten kleinen Zerreißmaschine von 1000 kg Kraftleistung ausgeführt, welche bei wagerechter Zugrichtung mit einem Winkelhebel zum Auswiegen der Belastung und mit einer durch ein Deckenvorgelege mechanisch betriebenen Schraube als Spannwerk ausgerüstet ist.[1])

Die Einspannvorrichtungen bestanden je aus einem konischen Gehäuse, welches um zwei seitliche Zapfen drehbar gelagert ist und das Ende der Probe zwischen zwei Keilen in sich aufnimmt. Um ein Gleiten der Keile unter wachsender Belastung zu verhüten, wurden sie vor dem Versuch mittelst einer durch die Gehäusewand hindurchgehenden Schraube hinreichend fest zusammengedrückt. — Bis zu 1,5 m Versuchslänge wurden die Garne in der beschriebenen Weise eingespannt. Bei größeren Längen wurden die Enden durch Klammern mit einander verbunden und das Garn ohne Ende dann über zwei gedrehte Messingrollen gelegt, deren

[1]) „Mittheilungen" 1889, Ergänzungsheft VI.

Achshalter in den Einspannklauen eingeklemmt waren. Zum Ausgleich der Spannungen in beiden Trumms wurde wiederholt leicht gegen die Rollen geschlagen. — Zur Ermittelung der Dehnung war an der Spannklaue, welche mit der Schraube verbunden war, senkrecht zu dieser ein Lineal und unter diesem auf dem gehobelten Bett der Maschine ein Papierstreifen angebracht. Sobald der Wiegehebel bei bestimmten Belastungen einspielte, diese Belastungen also von der Probe getragen wurden, wurde längs des Lineals auf dem Papierstreifen ein Strich aufgetragen. Die Entfernung der einzelnen Striche ergab somit die Längenänderungen des Garnes zwischen den Einspannungen für den zugehörigen Belastungszuwachs, vorausgesetzt, daß weder die Keile noch die Garnenden zwischen diesen geglitten waren, wovon man sich wiederholt überzeugte.

Der Verlauf des Versuches war der folgende: Die Probe wurde mit annähernd der beabsichtigten Versuchslänge eingespannt, dann durch Bethätigung der Spannschraube von Hand mit 1 kg belastet und nun die Entfernung zwischen den Einspannklauen ausgemessen und als maßgebende Probenlänge niedergeschrieben. Zugleich wurde der erste Strich für die Lage der Einspannklaue, d. h. für die Dehnungsmessung, verzeichnet. — Diese anfängliche Belastung mit 1 kg hatte den Zweck, bei allen Garnen die Probelänge bei einem gleichen Zustand festzulegen, um sowohl die Dehnung als auch das Metergewicht des Garnes einheitlich ermitteln zu können. —

Die Belastung wurde dann stufenweise gesteigert, indem die Gewichte satzweise auf die Wiegeschale gebracht und bei stetig betriebenem Spannwerk nach einander angehoben wurden. Die Geschwindigkeit der Anspannung war hierbei so bemessen, daß die Dehnung in der Minute 0,3 % betrug. Die Dehnung wurde immer nach Steigerung der Belastung um 5 kg verzeichnet. Nach dem Bruch wurde die Probe an beiden Enden unmittelbar an der Einspannung abgeschnitten. Die Proben desselben Materials wurden zusammen ausgewogen und aus ihrer Gesammtlänge und ihrem Gesammtgewicht dann das Gewicht für 1 m Länge berechnet. — Die Bruchlast und das Metergewicht dienten dann weiter zur Berechnung der Reißlänge. —

Der Draht der Garne wurde ermittelt, indem die Proben wie zum Zerreißversuch eingespannt und nach Feststellung ihrer Länge bei 1 kg Belastung abwechselnd von beiden Enden her aufgedreht wurden. Die Zahl der hierzu erforderlichen Umdrehungen der Einspannklauen wurde festgestellt und hernach aus dieser Zahl und der ursprünglichen Länge der Draht pro Meter berechnet.

Für **die Seile** wurde, soweit die Versuche sich auf den Antrag erstreckten, wie bei den Garnen, das Gewicht und der Draht pro Meter, die Dehnungen unter der fortschreitenden Belastung und die Bruchlast ermittelt und zur Kontrole der von dem Einsender gemachten Angaben der Umfang und die Art der Konstruktion, d. h. die Zahl der Litzen und der Garne in denselben festgestellt.[1]) Im wissenschaftlichen Interesse wurden ferner von mir noch folgende Erhebungen vorgenommen:

1. zu den Litzen
   a) Durchmesser der Litzen,
   b) deren Gewicht für 1 m Länge,
   c) Anzahl der Garne in den einzelnen Lagen,
   d) die Drehungsrichtung der Litze,

[1]) Assistenten Herrn Tingberg ausgeführt.

e) für die in der Litze nach außen gelegenen Garne (Deckgarne) die Anzahl der Windungen auf 1 m Litzenlänge, die Länge einer Windung und der Steigungswinkel in Graden,

2. zu den Seilen
   a) die Drehungsrichtung,
   b) die mittlere Anzahl der Windungen einer Litze auf 1 m Seillänge,
   c) die mittlere Ganghöhe der äußeren Fasern,
   d) deren mittlerer Steigungswinkel in Graden und
   e) die Längenverhältnisse für Seil, Litze und Garne in derselben Seilprobe. —

Ueber die Ausführungsweise der einzelnen Erhebungen möge Folgendes bemerkt sein:

1. Das Metergewicht der Seile zur Berechnung der Reißlänge wurde aus der Gesammtlänge und dem Gesammtgewicht der eingelieferten Seilprobe im ungespannten Zustande berechnet.
2. Die Zahl der Litzen-Windungen oder Duchten wurde an dem mit der Anfangslast (s. S. 96) angespannten Seil ausgezählt.
3. Die Zerreißversuche wurden bei horizontaler Lage der Probe auf der Werdermaschine ausgeführt. Zur Einspannung der Seilenden in die Maschine dienten sowohl für die Hanf- als auch für die Drahtseile fast ausschließlich Seilschlösser, Patent Kortüm. Ihre Handhabung ist eine bequeme. Sie gestatten eine leichte und schnelle Befestigung des Seiles ohne weitere Vorbereitung, und daß sie sich auch hinsichtlich ihrer Wirkungsweise bewährt haben, dürfte aus folgenden Zahlen hervorgehen.

   Bei den zu der vorliegenden Untersuchung angestellten 158 Versuchen gingen nur etwa 12 % der Proben innerhalb eines der Schlösser zum Bruch, alle übrigen im freien Theil. Hierbei sowie auch bei anderen auf Antrag ausgeführten Versuchen zeigte sich, daß von zwei demselben Seil entnommenen Proben nicht immer die in der Einspannung gerissene die geringere Bruchlast aufweist. So wurden z. B. für gleiche Proben die folgenden Zahlenwerthe gefunden:

   Brüche in der Einspannung: 6830, 5500, 3600, 1960, 6400
   Brüche im freien Theil: 6290, 5450, 4200, 2050, 6050.

Die Belastung der Seile wurde stufenweise gesteigert. Um auch in dieser Beziehung möglichst einheitlich vorgehen zu können, wurde die Größe der einzelnen Laststufen unter Rücksicht auf das Seilmaterial nach folgendem Verfahren vor Beginn des Versuches festgestellt. Aus den in Handbüchern angegebenen, meist von der Firma Felten und Guilleaume aufgestellten Tabellen für die mittleren Bruchfestigkeiten der Seile wurde die wahrscheinliche Bruchfestigkeit des zur Prüfung vorliegenden Seiles entnommen und aus dieser die Nutzlast berechnet. Hierbei wurde eine sechsfache Sicherheit für getheerte Hanfseile, eine achtfache Sicherheit für ungetheerte Seile und eine zehnfache Sicherheit für Drahtseile angenommen. Bezeichnet man nun die so berechnete Nutzlast mit N, so wurden die ersten drei Laststufen gleich je $^1/_3$ N festgesetzt. Die drei ersten Gesammtbelastungen betrugen also $^1/_3$ N, $^2/_3$ N und N kg. Die weiteren Laststufen wurden nach dem Unterschiede zwischen der Nutzlast und der Bruchlast B bestimmt und zwar gleich je $^1/_5$ dieses Unterschiedes genommen, sodaß oberhalb der Nutzlast bis zur wahrscheinlichen Bruchlast noch fünf Laststufen zur Anwendung kamen. Die Nulllast zur Feststellung der Meßlänge für die Dehnungsmessungen wurde gleich der halben ersten Laststufe, d. h. gleich $^1/_6$ N, genommen. Auf diese Nulllast entlastet wurde zur

Ermittelung der bleibenden Formänderungen nach der zweiten und dritten Laststufe. Bezeichnet man den fünften Theil des Unterschiedes zwischen Nutz- und Bruchlast mit $C = \frac{B - N}{5}$; so ergiebt sich also folgendes Schema für die Laststufen:

$\frac{1}{6}$ N (Anfangs- oder Nulllast); $\frac{1}{3}$ N; $\frac{2}{3}$ N | $\frac{1}{6}$ N | $\frac{2}{3}$ N; N | $\frac{1}{6}$ N | N; N + C;
N + 2 C; N + 3 C; N + 4 C und N + 5 C.

Die Dehnung wurde für jede dieser Laststufen ermittelt. Die Meßlänge wurde auf dem Seil unter der nach vorstehend erörtertem Verfahren bestimmten Anfangslast abgegrenzt.

Die Erhebungen der Dehnung erfolgten in der Weise, daß in der einen der Grenzmarken ein in Millimeter getheilter Maßstab und in der anderen Marke ein Schleppzeiger befestigt und die Verschiebung des letzteren gegen den Maßstab bis auf $\frac{1}{10}$ Millimeter abgelesen wurde. Zum Vergleich der an verschiedenen Meßlängen erhobenen Werthe untereinander wurden dieselben in Prozente umgerechnet, sodaß sie alle für 100 mm Seillänge gelten.

Aus diesen Werthen und den zugehörigen Belastungen wurden dann Schaulinien aufgetragen, aus diesen durch Verlängerung bis zur Ordinate der Bruchlast die Dehnung im Augenblick des Bruches ermittelt und dann der Arbeitsmodul in mm/kg d. h. die Fläche des Diagrammes berechnet. Der erhaltene Werth galt mit Rücksicht auf die Bezugseinheit der Dehnung für 100 mm Seil, sein zehnfacher Betrag demnach für 1 m Seil. Diese Werthe sollten nach dem Vorschlage von Prof. Hartig[1]) als Maßstab für die Güte des Seiles dienen. Da nun naturgemäß mit der Menge des im Seil enthaltenen Materials auch bei sonst gleichen Verhältnissen die Bruchlast, also auch die Arbeitsfläche zunehmen mußte, so war es zum Vergleich erforderlich, die Werthe für den Gesammtarbeitsmodul auf gleiche Materialmengen zu beziehen, d. h. die auf die Gewichtseinheit des Probestückes entfallende Arbeitsgröße, den „Arbeitsmodul der Zerreißung", wie Hartig ihn nennt, zu ermitteln. Er ergab sich, ausgedrückt in Meterkilogrammen, ohne weiteres als Quotient aus dem Gesammtarbeitsmodul und dem Seilgewicht in Grammen.

Außerdem wurden auch für die Seile wieder die Reißlängen berechnet. —

Die Drehungsrichtung wurde bei den Seilen wie bei den Garnen nach Maßgabe der beim Schraubengewinde üblichen Bezeichnungen benannt; also gerade umgekehrt, wie es im Seilerhandwerk meist gebräuchlich sein dürfte.

Die weiteren Erhebungen hinsichtlich des Drehungsgrades der Seile wurden wieder nach den Vorschlägen von Hartig vorgenommen. Aus dem Quotient: Anzahl der Duchten auf ein Meter Länge durch Zahl der Litzen wurde zunächst die mittlere Anzahl der Drehungen einer Litze auf ein Meter Seil berechnet. Durch Division mit diesem Werth in 1000 erhielt man dann weiter die Ganghöhe G der Litzen oder, wie Hartig es nennt, die „Ganghöhe in den äußersten Fasern des Seiles" und schließlich aus der Gleichung $\operatorname{tg} \alpha = \frac{U}{G}$ den Steigungswinkel α der Litze gegen die Längsachse des Seiles, wenn G die Ganghöhe und U den Seilumfang bezeichnen.

Die Längenverhältnisse zwischen Seil, Litze und Garn wurden in der Weise ermittelt, daß mit Hülfe eines scharfen Messers ein Seilstück mit zur Achse senkrechten Endflächen von 500 mm Länge abgeschnitten wurde. Nach Feststellung des Gewichtes wurden zwei Litzen herausgenommen, an jeder derselben die Länge und das Gewicht festgestellt und dann auch die Längen einiger Garne der äußersten Lage (der Deckgarne) noch ermittelt.

[1]) „Deutsche Seilerzeitung" 1882, S. 16.

Mit Rücksicht auf die verwendete Seillänge von 0,5 m ergiebt sich zunächst die auf ein Meter Seil entfallende Litzenlänge ohne weiteres gleich der doppelten gemessenen Länge.

Weniger einfach ist die Feststellung der mittleren Garnlänge für ein Meter Seil. — Das Ausmessen sämmtlicher in einer Litze von bestimmter Länge enthaltenen Garne war bei dem vorliegenden umfassenden Versuchsmaterial nicht allein allzu zeitraubend, sondern erschien mir auch um deswillen unzuverlässig, weil es nicht möglich ist, die Messungen bei gleicher sowie bei richtiger Anspannung der Garne vorzunehmen. Mit richtiger Anspannung meine ich diejenige, welche der Spannung der Garne im unbelasteten Seil entspricht und welche naturgemäß beim Herausnehmen des Garnes aus der Litze verloren geht.

Ich mußte daher versuchen durch Rechnung zum Ziel zu gelangen. Zu diesem Zweck wurde zunächst die Gesammtlänge der Garne für ein Meter Seil und aus dieser durch Theilung mit der Anzahl der im Seil enthaltenen Garne die mittlere Länge des einzelnen Garnes berechnet. Die Gesammtlänge L konnte bei Seilen ohne Seele unmittelbar aus dem Verhältniß des Metergewichtes G für das Seil zu dem Metergewicht g für das Garn erhalten werden aus der Proportion $g : 1 = G : L$ oder $L = \frac{G}{g}$. Für Seile mit Seele mußte von dem Seilgewicht das Gewicht g_1 der Seele zuvor in Abzug gebracht werden, sodaß sich für diese Seile ergab $L = \frac{G - g_1}{g}$.

B. Versuchsergebnisse.

1. Aschengehalt der Hanfproben.

Aus den Bestimmungen des Aschengehaltes, deren Ergebnisse in Tabelle 1 (S. 98) zusammengestellt sind, ergiebt sich, daß der italienische Hanf mit 1,11 % den geringsten, der badische Schleißhanf mit 2,77 % den größten Gehalt an unverbrennbaren Bestandtheilen besitzt. Dazwischen liegen russischer mit 1,77 %, Manila mit 2,32 % und ungarischer mit 2,54 %. Die übereinstimmendsten Werthe für die verschiedenen Proben derselben Sorte lieferte der badische Schleißhanf; alle fünf Werthe liegen zwischen 2,13 und 2,88 %. Die größten Unterschiede und zwar von 0,93 bis 2,39 % wurden an den 16 russischen Hanfproben beobachtet. Sie dürfen wohl hauptsächlich, wenn nicht ausschließlich, auf die Bodenverhältnisse des Gewinnungsortes zurückzuführen sein.

Gesetzmäßige und überhaupt nennenswerthe Unterschiede zwischen dem rohen und durch Bearbeitung verfeinten Hanf hinsichtlich des Aschengehaltes wurden nicht wahrgenommen.

Da nun wohl mit Bestimmtheit angenommen werden kann, daß mit wachsendem Aschengehalt auch das spezifische Gewicht des Hanfes steigt, so führt das mitgetheilte Ergebniß zu dem Schluß, daß unter sonst gleichen Verhältnissen, also auch bei gleicher Bruchfestigkeit der reinen Fasermasse, der zur Beurtheilung der Garn- und Seilfestigkeit maßgebende Werth, die Reißlänge, beim badischen Schleißhanf durch dessen höchsten Aschengehalt am ungünstigsten beeinflußt wird, daß dagegen die feinere Zubereitung des Hanfes, wenn überhaupt, nur dadurch von günstigem Einfuß auf die Reißlänge des erzeugten Garnes oder Seiles sein kann, daß die kürzeren Theile von der Verarbeitung ausgeschieden werden.

2. Prüfung der Garne.

a) Zustand der Fasern im unbelasteten Garn.

Bevor ich nun zur Besprechung der an den Garnen erhaltenen Ergebnisse übergehe, glaube ich zunächst den Zustand erörtern zu sollen, in dem die einzelnen Fasern im unbelasteten

Tabelle 1. Aschengehalt der Hanfproben.

Lfd. Nr.	Benennung der Marke	Aschengehalt für die verschiedenen Zustände			Verarbeitung zum Seil		
		roh	abgespitzt (gehechelt)	rein abgezogen	Zustand der Verarbeitung	verarbeitet zum Garn	verarbeitet zum Seil
	1. Russischer Hanf.						
4	Russischer	2,32	—	2,39	roh abgezogen	4	6
10/11	Russischer Hanf OSMRH	2,01	—	1,59	gehechelt	10. 11. 13. 10a. 11a. 10b.	17—23
16	Königsberger Reinhanf	1,64	—	1,73	rein abgezogen	16	29—31
20	Russischer	—	—	1,97	" "	20	37—38
21	Karatschen OSFPRH	1,27	—	1,83	" "	21	39
22	Büchower	2,22	—	1,49	" "	22	40—41
24	Malestowker Lagen	—	—	0,93	" "	24	43
26	Königsberger Reinhanf	2,09	—	1,24	" "	26	58
27	Polnischer Lagenhanf	1,21	—	1,85	" "	27	59
28	ff. langer, kleingedeckter Königsberger Reinhanf	1,63	—	1,54	roh	28	60
30	Königsberger Reinhanf	—	—	2,18	abgezogen	30	62
33	Malestowker	1,72	—	1,75	rein abgezogen	33	65
37	Russischer Reinhanf	—	2,03	—	gut abgespitzt	37/38	69—70
38/39	Königsberger Reinhanf	1,83	—	1,70	abgezogen	39	71—76
40	Königsberger Reinhanf	1,71	—	—	roh	40	77
41	Russischer Reinhanf	1,83	1,98	—	abgespitzt	41	78—79
	Mittel	1,79	2,00	1,71	—	—	—
	2. Italienischer Hanf.						
2	Italiener	1,15	—	0,92	roh abgezogen	2/3	4—5
5	Italiener	0,86	—	0,96	" "	5	7
6	Bologneser	1,04	1,20	—	abgespitzt, maschinell gehechelt und sortirt	6	8—13
7	Bologneser	—	1,55	—	desgl.	7	14
8	Italiener PC-Hanf	0,83	1,14	1,17	abgespitzt	8	15
12	Italiener	—	—	1,15	gehechelt	12	24—25
23	Carbaggio	1,22	—	1,37	rein abgezogen	23	42
25	Bologneser	1,16	—	0,91	" "	25	57
	Mittel	1,04	1,30	1,08	—	—	—
	3. Badischer Schleißhanf.						
9	Ungestampfter	—	—	2,88	abgezogen ohne Einlage	9	16
13/14	Halbgestampfter	2,96	—	2,70	rein abgezogen	14	26 u. 27
15	Badischer Schleißhanf	2,63	—	2,83	abgezogen	15	28
19	Badischer Schleißhanf	4,30	—	2,13	"	19	35—36
32	Badischer Schleißhanf	1,97	—	2,46	rein abgezogen	32	64 u. 66
	Mittel	2,97	—	2,61	—	—	—
	4. Ungarischer Hanf.						
1	Baschka	3,03	—	3,02	rein abgezogen	1	1—3
29	Ungarischer geriebener Hanf	—	—	2,06	" "	29	61
35	Spitzhanf	—	2,40	—	abgespitzt	35	67
36	Stranghanf	—	2,20	—	auf der sechser Hechel gehechelt	36	68
	Mittel	(3,03)	2,30	2,54	—	—	—
	5. Manila-Hanf.						
31	Manila	2,67	—	1,97	rein abgezogen	31	63

Mittlere Aschengehalte. Italienischer Hanf = 1,11 %, Russischer Hanf = 1,77 %, Manila-Hanf = 2,32 %, Ungarischer Hanf = 2,54 %, Badischer Schleißhanf = 2,77 %.

gegen einander gepreßt, so daß sie bei Belastung des Garnes nicht werden gleiten können, da aber besonders die äußersten Schichten schon von vorneherein stark angespannt sind, so werden sie reißen, bevor überhaupt der Kern von den ihm innewohnenden Druckspannungen in die Zugspannung übergeführt ist. Die Festigkeit des Garnes wird also bei starker Drehung von der überschüssigen Festigkeit der äußeren, also nur eines Theiles aller Fasern, abhängen. Je größer die Zahl dieser tragenden Fasern ist, desto größer wird die Garnfestigkeit sein. Diese wird also mit zunehmendem Draht anfänglich durch erhöhten Reibungswiderstand zu- und nach Ueberschreitung einer gewissen Drahtzahl infolge Ueberlastung der äußersten Faserschichten wieder abnehmen, wie es Prof. Müller in Hannover auch bereits durch umfassende Versuche dargethan hat. Bei den von mir angestellten Versuchen kam es im Hinblick auf die erörterten Umstände nun darauf an, festzustellen:

1. welcher Draht bei den eingereichten Proben angewendet war und
2. welcher Draht für die verschiedenen Hanfsorten der vortheilhafteste hinsichtlich der Festigkeit und Dehnbarkeit der Garne sei.

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sollen in einem späteren Abschnitt mitgetheilt werden; zunächst aber bleibt noch ein Punkt allgemeiner Art zu besprechen, nämlich:

b) Der Einfluß der Probenlänge auf Festigkeit und Dehnung der Garne.

Bei der soeben stattgehabten Erörterung des Zustandes der Fasern nach dem Spinnen und dessen Einfluß auf die Festigkeit der Garne ging ich davon aus, daß in dem zum Garn verarbeiteten Faserbündel die einzelnen Fasern theils neben, theils der Länge nach hintereinander gelegen waren, sodaß die äußere Zugbelastung nur durch die gegenseitige Reibung von der einen zur andern Faser übertragen werden konnte, im wesentlichen also diese Reibung die Garnfestigkeit bedingte. Dieser Zustand bleibt für ein und dasselbe Garn bei wechselnder und zwar abnehmender Länge solange in gleicher Weise bestehen, als die Länge zwischen den Einspannungen hinreichend groß ist, so daß keine der versponnenen Fasern an beiden Enden von der Einspannvorrichtung erfaßt wird. Hierbei ist es gleichgültig, ob einzelne oder alle innerhalb der Versuchslänge gelegenen Fasern an dem einen Ende von der Einspannung erfaßt werden oder ob beide Faserenden frei liegen. Sobald aber die Versuchslänge soweit verringert wird, daß einzelne Fasern mit beiden Enden innerhalb der Einspannung zu liegen kommen, so wird die Garnfestigkeit sich nun zusammensetzen aus der Summe der Eigenfestigkeit der an beiden Enden erfaßten Fasern und der Reibung zwischen den kürzeren Fasern. Bei noch geringeren Versuchslängen aber wird allein die Eigenfestigkeit der gesammten Fasern in Frage kommen. Da nun der höchste erreichbare Werth für die Garnfestigkeit derjenige der Faserfestigkeit ist, so ergiebt sich hieraus, daß die Festigkeit mit zunehmender Garnlänge abnehmen muß, falls nicht der Reibungswiderstand die volle Faserfestigkeit erreicht.

Um nun für die Garnfestigkeiten vergleichbare Werthe zu erlangen, welche durch die Versuchslänge oder Faserlänge unbeeinflußt sind, mußte zunächst festgestellt werden, bei welcher kleinsten Länge die geringsten Bruchlasten für die verschiedenen Garne erhalten werden, damit mindestens diese Länge bei den Garnprüfungen zur Anwendung kam.

Das Material zu dieser Untersuchung wurde theils aus den zu den Seilen eingelieferten Garnen entnommen, theils wurden solche Garne verwendet, welche nach einem von mir besonders für diesen Zweck aufgestellten Plan von der Firma Michelsen zu Vegesack aus denselben Materialien, aber in verschiedenen Dicken und mit verschiedenem Draht hergerichtet waren.

Tabelle 2.

Ergebnisse der Zugversuche mit Garnproben von verschiedener Länge.

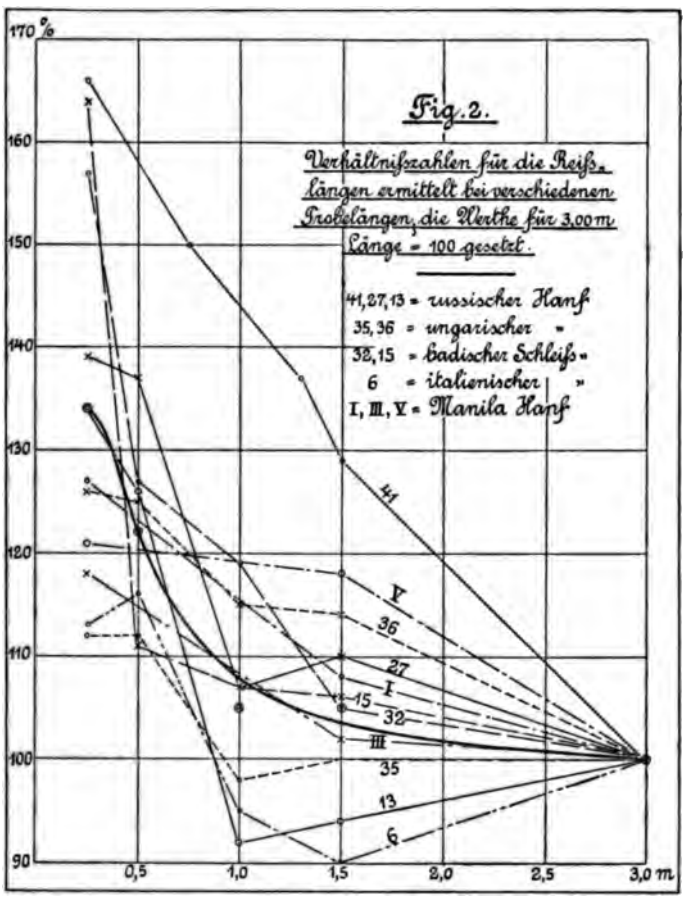
Garn Nr.	Material: Benennung	Material: Zustand	Zustand des Garnes: Art des Spinnens	Zustand des Garnes: Mittlerer Draht pro m	Zustand des Garnes: Mittleres Gewicht pro m g	Versuch Nr.	Bruchbelastungen in kg und mittlere Reißlänge in km bei den Versuchslängen in m: 3,0	1,5	1,3	1,0	0,75	0,50	0,25
41	Russischer Reinhanf	abgespitzt	von Hand	—	5,17	1	41,0	55,0	45,0	—	52,0	—	67,5
						2	34,0	(46,5)	51,0	—	61,5	—	76,0
						3	39,5	40,5	47,5	—	47,5	—	49,0
						4	—	57,0	43,5	—	71,5	—	52,5
						5	—	48,0	75,5	—	52,0	—	71,5
						Mittel	**38,2**	**49,4**	**52,5**	—	**56,9**	—	**63,3**
						Reißlänge	**7,39**	**9,56**	**10,15**	—	**11,05**	—	**12,24**
27	Polnischer Lagenhanf	rein abgezogen	von Hand	54	4,03	1	28,0	46,0	—	33,0	—	62,0	50,0
						2	39,0	30,5	—	44,0	—	53,5	45,0
						3	43,3	31,0	—	42,5	—	68,0	54,0
						4	(27,5)	41,5	—	30,0	—	55,5	54,5
						5	33,2	43,0	—	36,5	—	58,0	[32,5]
						6	35,3	—	—	—	—	45,0	58,0
						7	37,7	—	—	—	—	36,0	46,5
						8	—	—	—	—	—	44,0	35,0
						9	—	—	—	—	—	31,5	44,0
						10	—	—	—	—	—	41,0	52,0
						11	—	—	—	—	—	31,0	44,5
						Mittel	**34,9**	**38,4**	—	**37,2**	—	**47,8**	**48,4**
						Reißlänge	**8,66**	**9,53**	—	**9,23**	—	**11,86**	**12,01**
13	Russischer Hanf OSMRH	gehechelt	von Hand	89	2,18	1	31,0	29,5	—	40,0	—	38,0	(57,0)
						2	37,5	24,5	—	19,5	—	23,5	37,0
						3	(27,5)	34,0	—	24,0	—	44,0	37,4
						4	23,5	12,0	—	11,0	—	(33,0)	39,0
						5	29,5	(40,0)	—	44,0	—	(50,0)	29,5
						Mittel	**29,8**	**28,0**	—	**27,7**	—	**37,7**	**40,0**
						Reißlänge	**13,67**	**12,84**	—	**12,71**	—	**17,29**	**18,35**
35	Ungarischer Spitzhanf	abgespitzt	von Hand	76	3,69	1	37,0	49,0	—	76,5	—	54,0	75,0
						2	62,8	58,5	—	69,5	—	80,0	62,5
						3	32,3	65,0	—	64,0	—	67,0	77,0
						4	23,3	64,0	—	40,0	—	64,0	59,0
						5	45,8	61,5	—	44,0	—	69,0	60,0
						Mittel	**(40,2)** [1]	**59,6**	—	**58,8**	—	**66,8**	**66,7**
						Reißlänge	**(10,89)**[1]	**16,15**	—	**15,93**	—	**18,10**	**18,08**
36	Ungarischer Strang-hanf	gehechelt	von Hand	48	3,62	1	59,5	52,5	—	69,0	—	48,0	59,5
						2	42,5	49,5	—	70,0	—	66,0	63,5
						3	52,5	55,5	—	60,0	—	70,0	55,5
						4	43,0	58,0	—	39,5	—	54,0	49,5
						5	40,0	56,0	—	33,5	—	60,0	71,5
						Mittel	**47,5**	**54,3**	—	**54,4**	—	**59,6**	**59,9**
						Reißlänge	**13,12**	**15,02**	—	**15,03**	—	**16,46**	**16,55**

[1] Zu 35. Diese Werthe sind unsicher im Vergleich mit den übrigen, da sie an Proben aus einem anderen Garnstück ermittelt sind.

Garn Nr.	Material: Benennung	Material: Zustand	Zustand des Garnes: Art des Spinnens	Zustand des Garnes: Mittlerer Draht pro m	Zustand des Garnes: Mittleres Gewicht pro m g	Versuch Nr.	Bruchbelastungen in kg und mittlere Reißlänge in km bei den Versuchslängen in m: 3,0	1,5	1,0	0,5	0,25
32	Badischer Schleißhanf	rein abgezogen	von Hand	63	3,18	1	27,3	45,0	38,0	49,0	69,5
						2	42,0	40,0	57,0	55,0	55,0
						3	40,0	41,0	36,5	30,0	50,0
						4	37,3	31,0	44,0	50,0	66,0
						5	42,3	42,0	50,0	56,0	56,0
						Mittel	**37,8**	**39,8**	**45,1**	**48,0**	**59,3**
						Reißlänge	**11,88**	**12,52**	**14,18**	**15,09**	**18,65**
15	Badischer Schleißhanf	abgezogen	von Hand	43	5,12	1	70,5	71,5	94,0	85,0	115,0
						2	75,0	68,5	87,5	67,0	120,0
						3	85,0	74,5	55,0	87,0	95,0
						4	65,0	76,5	73,0	79,0	128,0
						5	65,5	91,5	79,5	(82,0)	134,0
						Mittel	**72,2**	**76,5**	**77,8**	**80,0**	**118,4**
						Reißlänge	**14,10**	**14,94**	**15,20**	**15,62**	**23,12**
6	Bolognefer Hanf	abgespitzt	mechanisch	50	2,06	1	43,3	32,5	40,0	46,0	44,5
						2	41,2	39,0	39,0	(52,0)	43,0
						3	36,5	39,5	38,0	47,0	46,0
						4	43,0	37,5	30,5	39,0	39,5
						5	38,0	(34,0)	44,0	48,0	54,5
						Mittel	**40,4**	**36,5**	**38,3**	**46,4**	**45,5**
						Reißlänge	**19,57**	**17,72**	**18,60**	**22,52**	**22,09**
31	Manila-Hanf	rein abgezogen	von Hand	50	2,53	1	16,5	35,0	30,0	[20,0]	28,5
						2	38,5	25,0	61,0	49,0	82,0
						3	16,5	27,5	80,0	37,0	48,0
						4	32,0	[53,0]	45,0	34,0	54,0
						5	29,0	17,5	31,0	25,0	56,0
						Mittel	**26,5**	**26,3**	**49,4**	**36,2**	**53,7**
						Reißlänge	**10,47**	**10,40**	**19,52**	**14,31**	**21,22**
I	Manila-Hanf (Für die Untersuchung zu Garnen von verschiedener Stärke verarbeitet.)	—	mechanisch	38	5,51	1	124,0	(127,0)	—	—	168,0
						2	(98,5)	(113,0)	—	—	(120,0)
						3	(99,0)	(110,0)	—	—	(133,0)
						4	(107,5)	117,0	—	—	(124,0)
						5	107,5	(116,0)	—	—	(135,0)
						Mittel	**107,3**	**116,6**	—	—	**136,0**
						Reißlänge	**19,47**	**21,14**	—	—	**24,68**
III		—	mechanisch	41	4,81	1	(102,0)	(112,2)	—	—	[84,0]
						2	114,5	(117,0)	—	—	(150,0)
						3	124,0	(122,0)	—	—	(136,0)
						4	124,0	[87,0]	—	—	(136,0)
						5	(112,0)	[83,0]	—	—	(122,0)
						Mittel	**115,3**	**117,0**	—	—	**136,0**
						Reißlänge	**23,97**	**24,32**	—	—	**28,27**
V		—	mechanisch	45	2,60	1	69,0	(75,0)	—	—	(62,0)
						2	57,0	64,5	—	—	(78,0)
						3	53,0	[39,0]	—	—	84,0
						4	58,5	(72,5)	—	—	(74,0)
						5	(60,0)	69,0	—	—	(62,0)
						Mittel	**59,5**	**70,2**	—	—	**72,0**
						Reißlänge	**22,89**	**27,00**	—	—	**27,70**

Die Auswahl der Proben aus dem zu den Seilen eingelieferten Material wurde derart getroffen, daß mit Rücksicht auf die Provenienz, d. h. mit Rücksicht auf den Ort der Gewinnung des Hanfes, möglichst alle Materialsorten — russischer, polnischer, ungarischer, badischer, italienischer und Manila-Hanf — zur Prüfung gelangten.

Als Probenlängen wurden allgemein gewählt 0,250; 0,500; 1,0; 1,5 und 3,0 m, und zwar wurden mit jeder Probenlänge mindestens fünf gleichartige Versuche angestellt. Diese erstreckten sich bei allen Sorten auf die Ermittelung der Bruchlast und bei fünf Sorten auch auf die Ermittelung des Dehnungszuwachses für die einzelnen Laststufen. Ferner wurde für jede Garnsorte an zwei Abschnitten, welche vor der ersten und hinter der fünften Zerreißprobe



entnommen wurden, der mittlere Draht festgestellt und schließlich das Gewicht für das laufende Meter aus dem Gesammtgewicht und der ursprünglichen Länge der Zerreißproben berechnet. —

Die Versuchsergebnisse sind in Tabelle 2 (S. 101 und 102) zusammengestellt.

Aus den erhaltenen Mittelwerthen für die Bruchlasten erkennt man, daß die Festigkeit der Garne durchweg mit zunehmender Probenlänge abnimmt. Ganz besonders deutlich tritt dies Ergebniß zu Tage, wenn man die Festigkeit für die Probenlänge von 3 m gleich 100 setzt und hiernach die Verhältnißzahlen für die Festigkeiten bei den übrigen Probenlängen berechnet. Die so erhaltenen Werthe sind in Tabelle 3 aufgeführt und in Fig. 2 graphisch dargestellt, indem die Probenlängen als Abszissen und die zugehörigen

Verhältnißzahlen als Ordinaten aufgetragen und die so erhaltenen Punkte dann durch gerade Linien verbunden wurden. Naturgemäß laufen sämmtliche Linien bei O in dem Schnittpunkt der Koordinaten für die Verhältnißzahl 100 und für 3 m Probenlänge zusammen.

Tabelle 3. **Verhältnißzahlen für die Reißlängen der Garne bei verschiedenen Längen.**

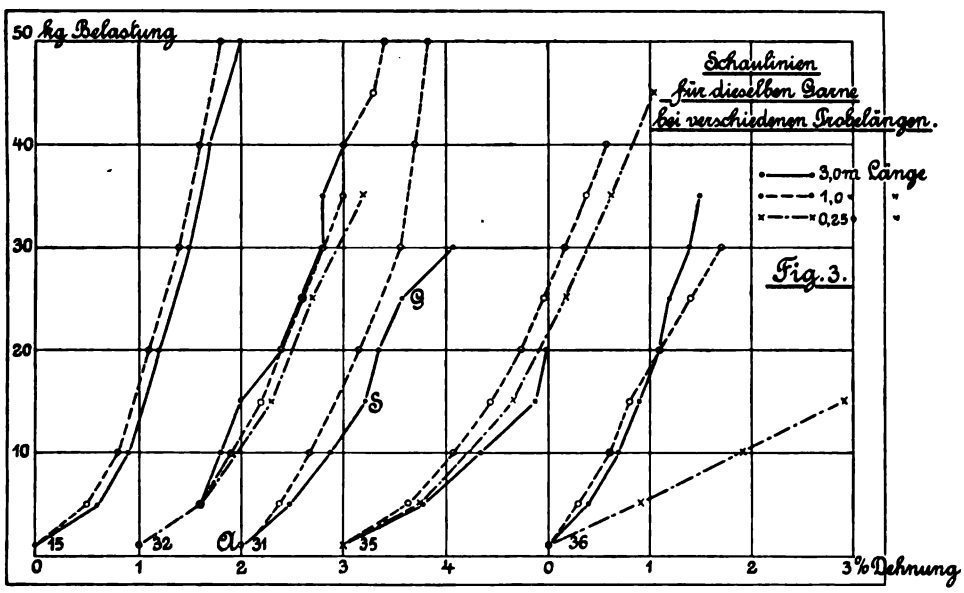
Garn Nr.	Material	Zustand des Garnes		Verhältnißzahlen für die übergeschriebenen Längen in m						
		Mittlerer Draht pro m	Mittleres Gewicht pro m	3,0	1,5	1,3	1,0	0,75	0,50	0,25
41	Russischer Hanf	—	5,17	100	129	137	—	150	—	166
27	" "	54	4,03	100	110	—	107	—	137	139
13	" "	89	2,18	100	94	—	92	—	126	134
35	Ungarischer Hanf	76	3,09	—	100	—	98	—	112	112
36	" "	48	3,62	100	114	—	115	—	125	126
32	Badischer Schleißhanf	63	3,18	100	105	—	119	—	127	157
15	" "	43	5,12	100	106	—	108	—	111	164
6	Italiener	50	2,06	100	90	—	95	—	116	113
31	Manila-Hanf	50	2,53	100	(99)	—	186	—	136	(202)
I	"	38	5,51	100	108	—	—	—	—	127
III	"	41	4,81	100	102	—	—	—	—	118
V	"	45	2,60	100	118	—	—	—	—	121
		Gesammt-Mittel		**100**	**105**	—	**105**	—	**122**	**134**

Man ersieht aus dieser Darstellung, daß nur drei Linienzüge dem Punkt O von unten her, alle übrigen von oben sich zuwenden. Dies besagt, daß bei den Garnen Nr. 6 aus italienischem Hanf, Nr. 13 aus russischem Hanf und Nr. 35 aus ungarischem Spitzhanf, für welche die drei erstgenannten Linienzüge gelten, die niedrigste Garnfestigkeit schon bei 1,0 bis 1,5 m Probenlänge erreicht wurde, während bei allen übrigen Garnen die Festigkeit bis zur Probenlänge von 3 m noch beständig abnimmt. Den mittleren oder wahrscheinlichsten Zustand für den Einfluß der Probenlänge wird der kräftig ausgezogene kontinuirliche Linienzug darstellen. Er muß einerseits wie alle Einzellinien durch den Punkt O gehen, weil sämmtliche Werthe auf den durch den Punkt O dargestellten Werth bezogen sind, und andererseits die Ordinatenachse in irgend einem Punkte schneiden, weil die Garnfestigkeit bei der Probenlänge gleich Null nicht ins Unendliche steigen kann, sondern einen endlichen mittleren Werth haben muß, welcher also auch in einem bestimmten Verhältniß zur geringsten Festigkeit steht. Ferner wird die Ausgleichslinie am Ende rechtwinklig zur Nullordinate stehen, weil nicht erst bei der Probenlänge gleich Null, sondern schon vorher innerhalb gewisser Grenzen der Länge, sämmtliche Fasern an beiden Enden von den Einspannungen erfaßt werden, die mittleren Festigkeiten des Garnes für diese Grenzen also konstant sein müssen.

Aus dem weiteren Verlauf der Ausgleichslinien ersieht man nun, daß der Einfluß der Probenlänge hauptsächlich innerhalb des Uebergangs der Längen von 0,5 — 1 m hervortritt, von da ab mit zunehmender Länge aber immer geringer wird. Im allgemeinen scheint jedoch die geringste Festigkeit auch bei 3 m Probenlänge noch nicht erreicht zu sein, da sonst die Ausgleichlinie in dem Punkt O asymptotisch in die Abszissenachse hätte übergehen müssen, was nicht der Fall ist.

Zur näheren Begründung dieses Umstandes mußten weitere Versuche mit mehr als 3 m Probenlänge angestellt werden. Zweckmäßig wäre es gewesen, hierzu vor allem das Garn 41

zu verwenden, weil bei diesem die Vergrößerung der Probenlänge von 1,5 auf 3,00 m den weitaus größten Einfluß zeigt. Im Hinblick auf das vorhandene Probenmaterial mußten die ergänzenden Versuche indessen leider auf das Garn Nr. 32 aus badischem Schleißhanf und auf das Manilagarn I beschränkt werden. Vier Versuche mit dem ersteren, angestellt mit 7 m langen Proben, ergaben die sehr gleichmäßigen Bruchlasten: 46,8; 46,0; 51,8 und 53,5 kg im Mittel = 49,5 kg, also etwa denselben Werth, welcher für die 0,5 m langen Proben erhalten war. Die Manilagarne ferner ergaben bei 4,5 m Länge 116,4; 111,7; 115,9; 118,3 und 120,9 kg, im Mittel 116,6 kg Bruchlast wie die 1,5 m langen Proben. Bei diesen beiden Garnen muß nach dem soeben mitgetheilten Ergebniß die geringere Festigkeit der 3 m langen Proben denjenigen von 1,5 m Länge gegenüber als zufällig bezeichnet werden. In wieweit dies Ergebniß verallgemeinert werden kann, ist nach den mitgetheilten beiden ergänzenden Versuchsreihen nicht zu entscheiden. Hierzu sind weitere Versuche



anzustellen. Immerhin wird man aber nicht sehr fehlgehen, wenn man, wie ich es bei meinen späteren Vergleichen gethan habe, diejenige Bruchlast als die mittlere im Seil ausnutzbare Festigkeit des Garnes in Betracht zieht, welche an Proben von 1,5 m Länge ermittelt wurden. Nicht unerwähnt möchte ich indessen lassen, daß ich zu dieser Annahme und der Durchführung der Zugversuche mit allen Garnproben bei 1,5 m Länge gewissermaßen gezwungen war, weil die Probenlänge bei den Versuchen mit den ganzen Seilen im Mittel etwa 1,5 m betragen hatte und daher die Garnfestigkeit an längeren Proben ermittelt, mit den Zugfestigkeiten der zugehörigen Seile nicht unmittelbar hätten in Vergleich gestellt werden können.

Der Einfluß der Probenlänge auf die prozentuelle Dehnung bei gleichen Belastungen ist nach den in Tab. 4 aufgeführten Dehnungswerthen in Fig. 3 graphisch veranschaulicht, indem von dem Verlauf der Versuche mit verschiedenen Probenlängen nach den Mittelwerthen aus je fünf gleichartigen Versuchen Schaulinien dargestellt wurden.

Verhältnißzahlen als Ordinaten aufgetragen und die so erhaltenen Punkte dann durch gerade Linien verbunden wurden. Naturgemäß laufen sämmtliche Linien bei O in dem Schnittpunkt der Koordinaten für die Verhältnißzahl 100 und für 3 m Probenlänge zusammen.

Tabelle 3. **Verhältnißzahlen für die Reißlängen der Garne bei verschiedenen Längen.**

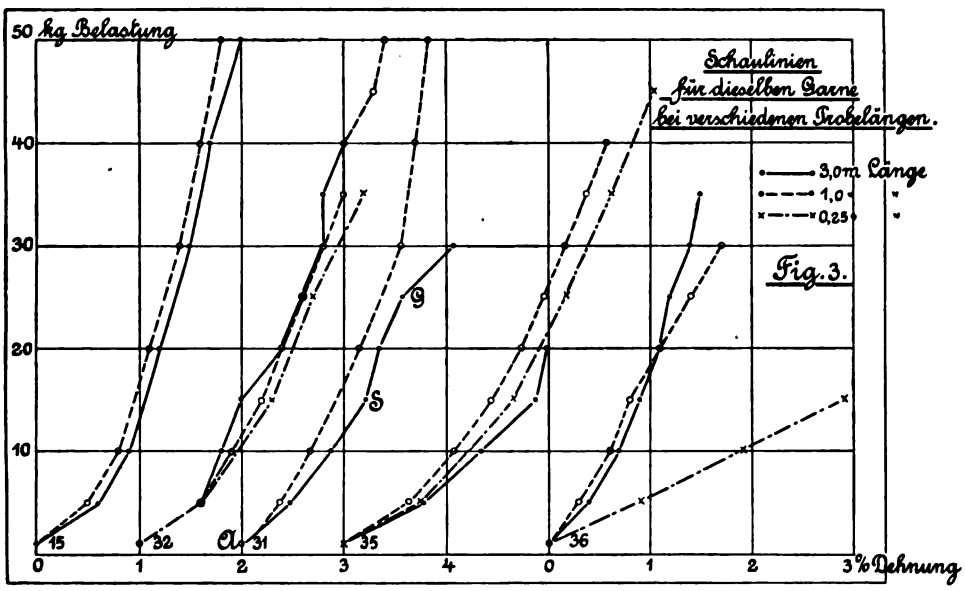
Garn Nr.	Material	Zustand des Garnes		Verhältnißzahlen für die übergeschriebenen Längen in m						
		Mittlerer Draht pro m	Mittleres Gewicht pro m	3,0	1,5	1,3	1,0	0,75	0,50	0,25
41	Russischer Hanf	—	5,17	100	129	137	—	150	—	166
27	" "	54	4,03	100	110	—	107	—	137	139
13	" "	89	2,18	100	94	—	92	—	126	134
35	Ungarischer Hanf	76	3,09	—	100	—	98	—	112	112
36	" "	48	3,62	100	114	—	115	—	125	126
32	Badischer Schleißhanf	63	3,18	100	105	—	119	—	127	157
15	" "	43	5,12	100	106	—	108	—	111	164
6	Italiener	50	2,06	100	90	—	95	—	116	113
31	Manila-Hanf	50	2,53	100	(99)	—	186	—	136	(202)
I	"	38	5,51	100	108	—	—	—	—	127
III	"	41	4,81	100	102	—	—	—	—	118
V	"	45	2,60	100	118	—	—	—	—	121
		Gesammt-Mittel		**100**	**105**	—	**105**	—	**122**	**134**

Man ersieht aus dieser Darstellung, daß nur drei Linienzüge dem Punkt O von unten her, alle übrigen von oben sich zuwenden. Dies besagt, daß bei den Garnen Nr. 6 aus italienischem Hanf, Nr. 13 aus russischem Hanf und Nr. 35 aus ungarischem Spitzhanf, für welche die drei erstgenannten Linienzüge gelten, die niedrigste Garnfestigkeit schon bei 1,0 bis 1,5 m Probenlänge erreicht wurde, während bei allen übrigen Garnen die Festigkeit bis zur Probenlänge von 3 m noch beständig abnimmt. Den mittleren oder wahrscheinlichsten Zustand für den Einfluß der Probenlänge wird der kräftig ausgezogene kontinuirliche Linienzug darstellen. Er muß einerseits wie alle Einzellinien durch den Punkt O gehen, weil sämmtliche Werthe auf den durch den Punkt O dargestellten Werth bezogen sind, und andererseits die Ordinatenachse in irgend einem Punkte schneiden, weil die Garnfestigkeit bei der Probenlänge gleich Null nicht ins Unendliche steigen kann, sondern einen endlichen mittleren Werth haben muß, welcher also auch in einem bestimmten Verhältniß zur geringsten Festigkeit steht. Ferner wird die Ausgleichslinie am Ende rechtwinklig zur Nullordinate stehen, weil nicht erst bei der Probenlänge gleich Null, sondern schon vorher innerhalb gewisser Grenzen der Länge, sämmtliche Fasern an beiden Enden von den Einspannungen erfaßt werden, die mittleren Festigkeiten des Garnes für diese Grenzen also konstant sein müssen.

Aus dem weiteren Verlauf der Ausgleichslinien ersieht man nun, daß der Einfluß der Probenlänge hauptsächlich innerhalb des Uebergangs der Längen von 0,5 — 1 m hervortritt, von da ab mit zunehmender Länge aber immer geringer wird. Im allgemeinen scheint jedoch die geringste Festigkeit auch bei 3 m Probenlänge noch nicht erreicht zu sein, da sonst die Ausgleichlinie in dem Punkt O asymptotisch in die Abszissenachse hätte übergehen müssen, was nicht der Fall ist.

Zur näheren Begründung dieses Umstandes mußten weitere Versuche mit mehr als 3 m Probenlänge angestellt werden. Zweckmäßig wäre es gewesen, hierzu vor allem das Garn 41

zu verwenden, weil bei diesem die Vergrößerung der Probenlänge von 1,5 auf 3,00 m den weitaus größten Einfluß zeigt. Im Hinblick auf das vorhandene Probenmaterial mußten die ergänzenden Versuche indessen leider auf das Garn Nr. 32 aus badischem Schleißhanf und auf das Manilagarn I beschränkt werden. Vier Versuche mit dem ersteren, angestellt mit 7 m langen Proben, ergaben die sehr gleichmäßigen Bruchlasten: 46,8; 46,0; 51,8 und 53,5 kg im Mittel = 49,5 kg, also etwa denselben Werth, welcher für die 0,5 m langen Proben erhalten war. Die Manilagarne ferner ergaben bei 4,5 m Länge 116,4; 111,7; 115,9; 118,3 und 120,9 kg, im Mittel 116,6 kg Bruchlast wie die 1,5 m langen Proben. Bei diesen beiden Garnen muß nach dem soeben mitgetheilten Ergebniß die geringere Festigkeit der 3 m langen Proben denjenigen von 1,5 m Länge gegenüber als zufällig bezeichnet werden. In wieweit dies Ergebniß verallgemeinert werden kann, ist nach den mitgetheilten beiden ergänzenden Versuchsreihen nicht zu entscheiden. Hierzu sind weitere Versuche



anzustellen. Immerhin wird man aber nicht sehr fehlgehen, wenn man, wie ich es bei meinen späteren Vergleichen gethan habe, diejenige Bruchlast als die mittlere im Seil ausnutzbare Festigkeit des Garnes in Betracht zieht, welche an Proben von 1,5 m Länge ermittelt wurden. Nicht unerwähnt möchte ich indessen lassen, daß ich zu dieser Annahme und der Durchführung der Zugversuche mit allen Garnproben bei 1,5 m Länge gewissermaßen gezwungen war, weil die Probenlänge bei den Versuchen mit den ganzen Seilen im Mittel etwa 1,5 m betragen hatte und daher die Garnfestigkeit an längeren Proben ermittelt, mit den Zugfestigkeiten der zugehörigen Seile nicht unmittelbar hätten in Vergleich gestellt werden können.

Der Einfluß der Probenlänge auf die prozentuelle Dehnung bei gleichen Belastungen ist nach den in Tab. 4 aufgeführten Dehnungswerthen in Fig. 3 graphisch veranschaulicht, indem von dem Verlauf der Versuche mit verschiedenen Probenlängen nach den Mittelwerthen aus je fünf gleichartigen Versuchen Schaulinien dargestellt wurden.

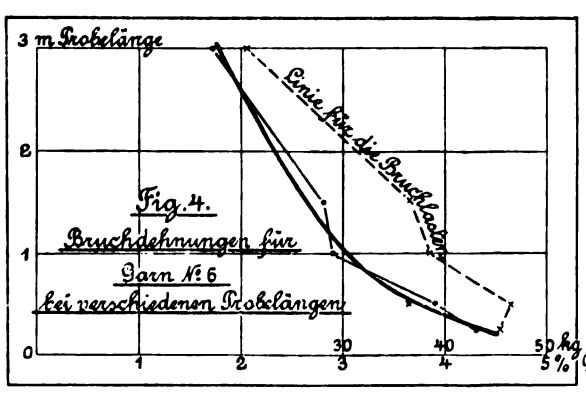
Tabelle 4. **Dehnung mit wachsender Belastung bei verschiedenen Probelängen.**

Garn Nr.	Mittlere Probelänge m	Dehnung in % bei den übergeschriebenen Belastungen in kg									
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
15	1,0	0,5	0,8	—	1,1	—	1,4	—	1,6	—	1,8
	3,0	0,6	0,9	—	1,2	—	1,5	—	1,7	—	2,0
32	0,25	0,6	—	1,3	—	1,7	—	2,2	—	—	—
	1,0	0,6	0,9	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,0	2,3	2,4
	3,0	0,6	0,8	1,0	1,4	1,6	1,8	1,8	2,0	—	—
31	1,0	0,38	0,69	—	1,16	—	1,57	—	1,70	—	1,82
	3,0	0,48	0,89	1,21	1,35	1,59	2,08	—	—	—	—
35	0,25	0,73	1,22	1,66	—	2,19	—	2,61	—	3,03	—
	1,00	0,64	1,08	1,44	1,73	1,96	2,18	2,39	2,59	—	—
	3,00	0,78	1,33	1,88	1,99	(2,02)	(2,25)	—	—	—	—
36	0,25	0,9	1,9	2,9	(5,4)	—	—	—	—	—	—
	1,00	0,3	0,6	0,8	1,1	1,4	1,7	(1,8)	—	—	—
	3,00	0,4	0,7	0,9	1,1	1,2	1,4	1,5	1,6	—	—

Wie bereits gesagt, gelangten fünf Garnsorten zur Prüfung und zwar bei zwei oder drei verschiedenen Längen.

In den fünf getrennten Gruppen der Schaulinien entsprechen immer die ausgezogenen Linien den Probenlängen von 3,0 m, die punktirten denen von 1,0 m und die strichpunktirten denen von 0,25 m.

Die Reihenfolge dieser drei Linien wechselt in den einzelnen Gruppen. Hieraus ist zu folgern, daß bei einem und demselben Garn ein gesetzmäßiger Einfluß der Probenlänge auf den Dehnungsverlauf, d. h. **auf die Dehnung für gleiche Belastungen** nicht besteht.



Stellt man aber die Beziehungen zwischen Bruchdehnungen und den verschiedenen Probenlängen graphisch dar, wie es für das Garn Nr. 6 in Fig. 4 geschehen ist, so erkennt man an dem Verlauf der starkgezogenen Ausgleichslinie deutlich, daß wenigstens bei dem Garn Nr. 6 die **Bruch**dehnung mit abnehmender Probenlänge zunimmt.

Die Erklärung für den scheinbaren Widerspruch in diesen beiden Ergebnissen kann wie folgt gegeben werden: Bei niederen Laststufen kommt für die Dehnung hauptsächlich nur dasjenige Maß in Frage, um welches die Probenlänge dadurch zunimmt, daß die in Schraubenlinien gelagerten Fasern sich gerade strecken. Die Dicke des Garnes nimmt hierbei unter dem vermehrten, nach innen gerichteten Druck der äußeren Fasern ab, die Dichtigkeit des Garnes zu. Hat letztere ihr äußerstes Maß erreicht, so kann ein weiteres Geradestrecken der Fasern nicht mehr statt haben; die Dehnung des Garnes nimmt

dann unter der wachsenden Belastung in geringerem Grade als zuvor und zwar nur noch um die Dehnung der Fasern zu, bis die Belastung soweit gesteigert ist, daß entweder Bruch eintritt oder bei hinreichender Probenlänge ein Gleiten der Fasern gegen einander erfolgt. An dem Verlauf der Schaulinien Fig. 3 tritt dieser Wechsel in den Umständen, welche die Dehnung bedingen, deutlich zu Tage, ganz besonders an der Schaulinie für die 3 m lange Probe des Garnes 31. Von A bis S findet das Geradestrecken der Fasern statt. Es muß für gleiche Laststufen allmählich immer geringer werden, weil die Verjüngung des Garnquerschnittes, der Fortschritt in der Verdichtung des Garnes, allmählich abnimmt. Zwischen S und G entspricht die Dehnung des Garnes derjenigen der einzelnen Fasern. Sie ist der Belastung annähernd proportional, die Schaulinie daher eine Gerade. Oberhalb von G tritt das Gleiten der Fasern ein; zugleich nimmt die Dehnung des Garnes in stärkerem Maße zu als die Belastung, weil die Garne sich mehr aufdrehen, die Reibung also nachläßt. Die Schaulinie wendet sich von der Ordinate ab.

Da nun das Maß, um welches die Fasern sich gerade strecken, als auch dasjenige, um welches sie sich dehnen, im direkten Verhältniß steht zur Länge der Probe, so muß die in Prozenten der ursprünglichen Länge ausgedrückte Dehnung bei allen Proben die gleiche sein, gleichgültig, mit welcher Länge sie eingespannt waren. Die nach den prozentuellen Dehnungen aufgetragenen Schaulinien müßten also anfänglich zusammenfallen, wenn nicht Ungleichmäßigkeiten, als da sind Unterschiede in der Dicke und im Draht, im Garn vorhanden wären, welche einen zufälligen Wechsel in der prozentuellen Dehnung, also auch in der Lage der Schaulinien für verschiedene Probenlängen zu einander veranlassen, wie solche bei den vorliegenden Versuchen ja auch thatsächlich beobachtet wurden.

Während also hiernach alle Unterschiede in den Dehnungen verschieden langer Proben bis zum Punkt G der Schaulinie als zufällig zu bezeichnen sind, lassen sich oberhalb von G, d. h. für die Bruchdehnung, gesetzmäßige Unterschiede wohl erwarten. Bei hinreichend kurzen Proben, d. h. bei denen die einzelnen Fasern an beiden Enden erfaßt werden, kann nämlich ein Gleiten der letzteren gegen einander überhaupt nicht stattfinden. Die Schaulinie wird bis zum Bruch der Fasern, also auch des Garnes, annähernd geradlinig verlaufen. Wenn trotzdem die Dehnung nicht geringer, sondern größer ausfällt als bei längeren Proben, so ist dies darin begründet, daß die volle Ausnutzung der Dehnbarkeit der Fasern deren Schlupf in den längeren Proben mehr als ausgleicht. Dies wird um so eher erklärlich, wenn man bedenkt, daß der Schlupf erstens mit zunehmender Probenlänge bei immer geringerer Belastung also auch bei geringerer Faserdehnung eintritt, und zweitens an sich nur einen geringen Theil der Gesammtdehnung ausmachen kann, weil gleich nach dem Eintritt des Schlupfes, d. h. nach Aufhebung der Reibung der Ruhe, auch die Höchstlast, welche als Bruchlast anzusehen ist und für welche die Bruchdehnung bei Garnen gelten muß, erreicht ist.

Daß dies thatsächlich der Fall, d. h. daß allein die erreichte höchste Belastung auch für die Bruchdehnung (wenigstens für das untersuchte Garn Nr. 6) ausschlaggebend war, erkennt man daraus, daß die in Fig. 4 eingetragene punktirte Linie, welche die Abnahme der Bruchlast mit zunehmender Probenlänge darstellt, einen ganz ähnlichen Verlauf nimmt wie die Linie der Dehnungen. —

Der Vergleich der einzelnen in Fig. 2 gegebenen Linienzüge zur Ergründung der Unterschiede im Verhalten der verschiedenen Garne bei wechselnden Längen je nach dem Material oder je nach dem Draht- und Metergewicht der Garne gleichen Materials ist eine

heikle Aufgabe, denn die Umstände, welche die Festigkeiten der Garne beeinflussen, sind mannigfacher Art und können nicht immer klar erkannt werden.

Indessen möchte ich es nicht unterlassen, wenigstens auf folgende Punkte hinzuweisen: Die größten und annähernd gleichen Unterschiede in den Festigkeiten bei 0,25 und 3,0 m Länge zeigen das Garn 41 aus russischem Hanf und die beiden Garne 32 und 15 aus badischem Schleißhanf. Beide Garnsorten unterscheiden sich aber dadurch wieder erheblich von einander, daß die Festigkeit bei dem erstgenannten Garn annähernd proportional zu der Länge allmählich abnimmt, während bei den Garnen aus badischem Schleißhanf die Festigkeit außerordentlich stark durch die Zunahme der Probenlänge von 0,25 auf 0,5 m abfällt.

Der geringste Einfluß für die Probenlänge auf die Bruchfestigkeit zeigt sich bei dem Garn 6 aus italienischem Hanf. Annähernd gleich ist er bei dem ungarischen Garn 35 und beim Manilahanf III. Beim letzteren ist das Ergebniß in sehr erheblichem Maße dadurch beeinträchtigt, daß der größere Theil der Proben in der Einspannung zum Bruch ging.

Einen zuverlässigen Grund für die vorerwähnten Unterschiede im Verhalten der verschiedenen Garne bei zunehmender Länge aufzufinden erscheint mir nicht möglich, zumal das Material gleicher Herkunft in den einzelnen Garnen verschieden sich verhielt und ferner, weil die Nebeneinflüsse des Drahtes und der Garndicke bei verschiedenen Materialien sich nicht gleich gestalten. So ist z. B. der Einfluß der Probenlänge auf die Festigkeit bei den Garnen aus russischem, ungarischem und Manilahanf um so größer, je geringer der Draht und je gröber das Garn ist, beim badischen Schleißhanf dagegen umgekehrt. — Ich unterlasse es daher, aus meinen Versuchen Schlußfolgerungen nach dieser Richtung hin zu ziehen.

c) Einfluß des Drahtes und der Feinheit der Garne auf deren Festigkeit und Dehnung.

Wie ich bereits oben andeutete, wurde der Einfluß des Drahtes der Garne auf deren Festigkeitseigenschaften einer besonderen Untersuchung unterzogen. Da nun mit dem Draht auch die Materialanhäufung in dem Garnquerschnitt, d. h. die Feinheit der Garne, sich ändert, so mußte zugleich auch deren Einfluß mit in Rücksicht gezogen werden, zumal er vom ökonomischen Standpunkte aus von besonderer Bedeutung ist. Gemessen wird die Feinheit der Garne, da deren Querschnitt sich nicht ermitteln läßt, bekanntlich durch das Gewicht für die Längeneinheit, das Meter. Durch Vereinigung der Bruchlast mit der Feinheit zur Reißlänge hat man dann zugleich das zuverlässigste Maß für die Ausnutzung des verarbeiteten Materials.

Die Versuche über den Einfluß des veränderten Drahtes bei einem und demselben Garn wurden zunächst an der Probe Nr. 6 vorgenommen. Dies Garn war angeblich mechanisch gesponnen. Es erschien für die in Rede stehenden Versuche am geeignetsten, weil die mehrfach im ursprünglichen Zustande angestellten Drahtbestimmungen dieses Garn als besonders gleichmäßig gesponnen erwiesen hatten. Die Untersuchung wurde in der Weise durchgeführt, daß das Garn zunächst im Anlieferungszustande auf Festigkeit und Dehnung geprüft wurde; (der Draht betrug hierbei 50 auf 1 m). Alsdann wurden je fünf weitere Versuche angestellt, nachdem der Draht der Proben zuvor durch Nachdrehen auf 67, 83 und 97 gesteigert und durch Aufdrehen bis auf 17 verringert war. Die Metergewichte wurden für die Proben im Anlieferungszustande ausgewogen, für die übrigen berechnet. Hierzu wurde die Längenänderung ermittelt, welche die Garne durch die Aenderungen des Drahtes erlitten, und dann die Gewichtsänderungen den Längenänderungen proportional gesetzt. Die erhaltenen Ergebnisse sind in Tab. 5 zusammengestellt.

Tabelle 5. Zugversuche mit dem Garn Nr. 6 nach Aenderung des Drahtes durch Nach- und Aufdrehen.

Mittlerer Draht pro m	Versuchslänge unter 5 kg Nullast		Längenänderung durch die Aenderung des Drahtes		Gewicht für 1 m	Festigkeit		Dehnung in mm bei der übergeschriebenen Belastung. (Die Werthe in liegender Schrift unter dem Mittel sind Dehnungen in %)						
	Ursprünglich	Nach Aenderung des Drahtes				Bruchbelastung	Reißlänge	10	15	20	25	30	35	40
	mm	mm	mm	%	g	kg	km							
50	1500	—	Im Anlieferungszustande geprüft		2,150	38,0		6,7	12,3	16,4	20,2	23,6	—	—
					2,173	39,5		6,6	12,0	16,4	20,1	23,6	26,8	—
						34,0	—	7,3	12,9	17,2	21,3	26,8	30,3	—
						33,0		7,2	12,4	17,0	20,5	24,4	28,2	—
						38,5		7,4	12,8	17,2	21,0	26,5	—	—
Mittel	—	—	—	—	2,162	**36,6**	**16,93**	**7,0**	**12,5**	**16,8**	**20,6**	**25,0**	**28,4**	—
								0,47	*0,83*	*1,12*	*1,37*	*1,67*	*1,90*	—
67	1505	1483,5	— 21,5	1,42		37,0		7,4	13,0	18,1	22,8	26,6	30,2	[32,7]
	1482	1462	— 20,0	1,35		39,0		6,9	12,4	16,9	21,0	24,7	28,3	[31,3]
	1492	1469	— 23,0	1,54	—	37,5	—	—	—	—	—	—	—	—
	1506	1483	— 23,0	1,53		38,0		—	—	—	—	—	—	—
	1491	—	—	—		36,0		—	—	—	—	—	—	—
Mittel	**1495**	**1474**	**— 21,9**	**1,46**	**2,194**	**37,5**	**17,10**	**7,2**	**12,7**	**17,5**	**21,9**	**25,6**	**29,3**	—
								0,49	*0,86*	*1,18*	*1,48*	*1,74*	*1,99*	—
83	1501	1452	— 49,0	3,26		40,0		7,4	14,4	19,8	25,0	29,0	[37,2]	—
	1500	1451	— 49,0	3,27		37,0		7,9	14,9	20,3	25,1	29,6	33,7	[36,0]
	1487	1442	— 45,0	3,03	—	35,5	—	7,3	14,2	19,8	24,7	29,0	[33,8]	—
	1504	1456	— 48,0	3,19		37,5		8,5	15,3	20,9	25,7	30,1	34,1	[36,8]
	1506	1457	— 49,0	3,25		36,0		8,4	15,0	20,7	25,4	29,3	33,6	[34,8]
Mittel	**1499**	**1452**	**— 48,0**	**3,20**	**2,231**	**37,2**	**16,67**	**7,9**	**14,8**	**20,3**	**25,2**	**29,4**	**33,8**	—
								0,54	*1,02*	*1,40*	*1,74*	*2,03*	*2,34*	—
97	—	—	—	—		33,0		11,8	20,0	26,7	31,9	36,9	[41,2]	—
	—	—	—	—		34,0		11,2	19,8	25,9	30,8	35,6	[40,8]	—
	1510	1438	— 72,0	4,77	—	28,5	—	11,0	18,7	24,8	30,1	[34,0]	—	—
	1502	1433	— 69,0	4,60		39,5		11,2	18,9	25,1	30,3	35,2	39,6	[44,7]
	1505	1433	— 72,0	4,78		45,5		—	—	—	—	—	—	—
Mittel	**1506**	**1435**	**— 71,0**	**4,72**	**2,264**	**36,1**	**15,94**	**11,3**	**19,4**	**25,6**	**30,8**	**35,9**	—	—
								0,79	*1,35*	*1,78*	*2,15*	*2,50*	—	—
17	—	1545	—	—		23,5		5,7	10,0	13,9	—	—	—	—
	1482	1519	+ 37,0	2,50		24,5		4,8	9,0	13,0	[17,7]	—	—	—
	1462	1496	+ 34,0	2,32	—	22,5	—	4,2	8,2	12,4	—	—	—	—
	1498	1535	+ 37,0	2,47		21,5		4,8	9,2	13,1	—	—	—	—
	1475	1513	+ 38,0	2,57		23,0		4,7	8,2	12,4	—	—	—	—
Mittel	**1479**	**1522**	**+ 36,0**	**2,47**	**2,106**	**23,0**	**10,92**	**4,8**	**8,9**	**13,0**	**17,7**	—	—	—
								0,32	*0,58*	*0,86*	—	—	—	—

Bemerkungen: 1. Das Gewicht der Proben mit verändertem Draht ist nach der prozentuellen Längenänderung aus dem ursprünglichen Gewicht berechnet, indem die Längenänderung der Gewichtsänderung proportional gesetzt wurde (Begründung s. S. 108).

2. Die mit eckiger Klammer [ ] versehenen Dehnungswerthe bedeuten die Bruchdehnung.

Aus Fig. 5, in welcher die Drahtzahlen als Abscissen und die Längenzunahmen in Prozenten der ursprünglichen Länge von der mit O bezeichneten Horizontalen aus nach oben, die Längenabnahmen nach unten aufgetragen sind, erkennt man, daß die Garnlänge durch Verminderung des Drahtes größer und durch Vermehrung des Drahtes geringer geworden ist, wie es erwartet werden mußte.

Weiter zeigt der schwach gekrümmte Verlauf der Linie, daß die Längenabnahme der Vermehrung des Drahtes nicht proportional ist, sondern daß die Länge sich in etwas größerem Maße ändert als der Draht.

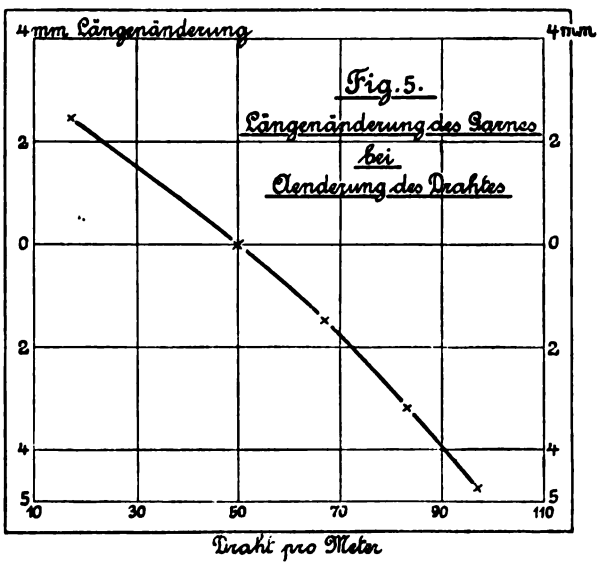


Fig. 5.
Längenänderung des Garnes bei Aenderung des Drahtes

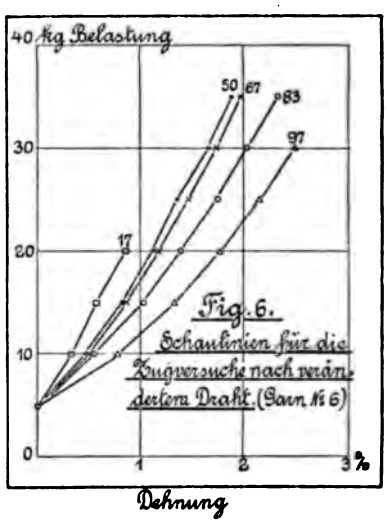


Fig. 6.
Schaulinien für die Zugversuche nach verändertem Draht. (Garn № 6)

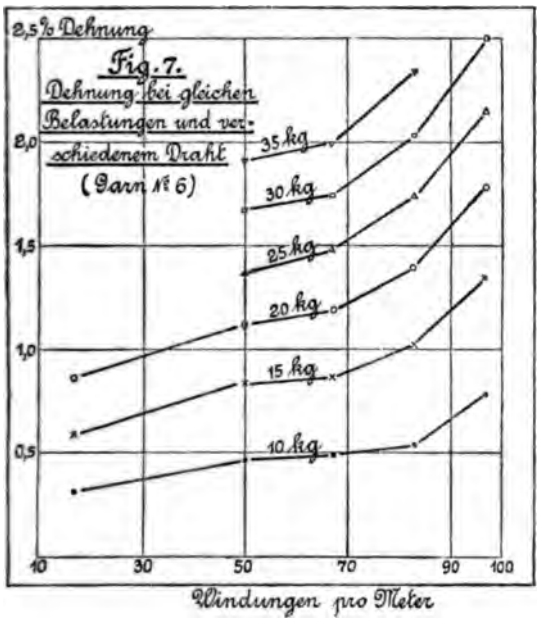
Der Einfluß des Drahtes auf den Verlauf des Versuches, d. h. auf die Beziehungen zwischen Belastung und Dehnung, ist aus den Schaulinien Fig. 6 ersichtlich, welche erhalten sind, indem die Belastung von Null aus nach oben und die zugehörigen Dehnungen nach rechts aufgetragen wurden. Unter Beachtung der zu den Linien gehörigen und an deren Ende geschriebenen Drahtzahlen erkennt man, daß die Linien um so mehr nach rechts liegen, je größer der Draht war. Dies besagt, daß die Dehnungen bei gleichen Belastungen mit dem Draht zunehmen.

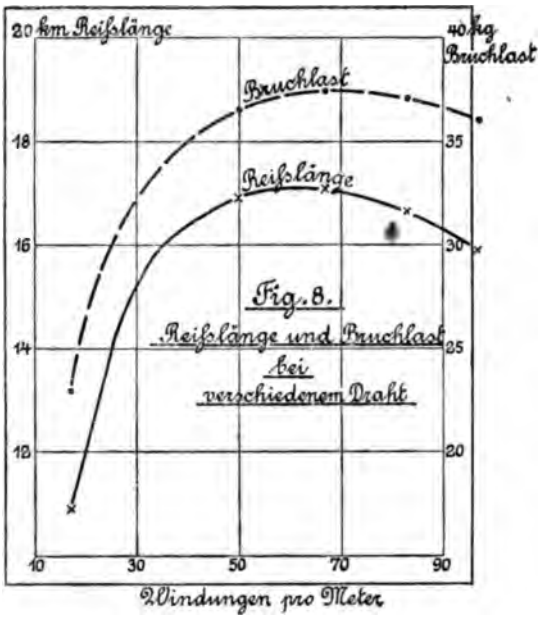
Um ferner festzustellen, ob diese Dehnungsänderungen den Aenderungen des Drahtes proportional sind, sind in Fig. 7 die Dehnungen für gleiche Belastungen aber für verschiedenen Draht noch besonders dargestellt. Hierbei wurden die Drahtzahlen als Abscissen, die Dehnungen als Ordinaten aufgetragen und diejenigen Punkte geradlinig miteinander verbunden, welche denselben Belastungen angehörten. Die erhaltenen Linienzüge steigen zwischen den Drahtzahlen 17 und 70 schwach an, für höhere Drahtzahlen aber wesentlich steiler. Hieraus ergiebt sich, daß der Einfluß des vermehrten Drahtes auf die Dehnung der Garne bei höheren Drahtzahlen größer ist als bei niedrigen.

Auf eine bei dem höheren Draht bereits eingetretene Neigung zur Schleifenbildung kann man diese Beobachtung nicht zurückführen. In diesem Falle würde die Schleife sich besonders unter geringen Belastungen verhältnißmäßig stark ausgezogen haben. Die Garne mit größerem Draht hätten dementsprechend besonders bei niederen Belastungen an Dehnung

hervorragen müssen und bei höheren Belastungen weniger. Dies ist aber nicht der Fall, wie aus der Parallelität der Linienzüge in Fig. 7 ohne weiteres zu erkennen ist.

Der größere Dehnung der stärker gedrehten Garne dürfte daher wohl ausschließlich mit ihrer in Fig. 5 dargestellten und oben bereits besprochenen, verhältnißmäßig größeren Verkürzung beim Spinnen zu erklären sein. Diese Verkürzung, veranlaßt durch die Schrägestellung der einzelnen Fasern, kommt naturgemäß beim Belasten des Garnes dadurch in einer größeren Dehnung zum Austrag, daß die bei größerem Draht schräger liegenden Fasern sich auch mehr gerade strecken.





Der Einfluß des Drahtes auf die Reißlänge und Bruchfestigkeit der Garne giebt sich in den beiden Linienzügen Fig. 8 deutlich zu erkennen, welche durch Auftragung der Drahtzahlen als Abscissen und der Werthe für die Reißlänge und Bruchfestigkeit als Ordinaten erhalten wurden.

Der Verlauf der Linienzüge zeigt, daß beide Festigkeitseigenschaften mit zunehmendem Draht anfänglich schnell wachsen und schließlich wieder geringere Werthe annehmen. Die Bruchlast erreicht bei dem untersuchten Garn ihren höchsten Werth bei der Drahtzahl 70, die Reißlänge dagegen schon bei der Drahtzahl 60. Dieser Unterschied läßt erkennen, daß die beste Materialausnutzung nicht mit der höchsten Bruchlast zusammenfällt, sondern bereits vor dieser erreicht wird.

Ferner geht aus der Lage der Festigkeitswerthe, welche für den Anlieferungszustand des Garnes, d. h. bei 50 Windungen beobachtet wurden, in den Kurven hervor, daß der Erzeuger des Garnes mit der Drahtzahl nicht soweit gegangen ist, daß er die höchste zu erreichende Festigkeit ausnutzte. Daß dies zufällig geschehen, glaube ich nicht, vielmehr erscheint es mir darin wohl begründet, daß bei weiterer Steigerung des Drahtes die Gefahr zunimmt, bereits in den abfallenden Ast der Festigkeitslinie hineinzugerathen und auch ein zu hartes wenig biegsames Garn zu erzeugen, ohne daß dem die Möglichkeit gegenüber steht, eine wesentlich bessere Materialausnutzung zu erzielen. Jedenfalls erschien es zur rechten

Würdigung der Konſtruktionseinflüſſe auf die Seilfeſtigkeit von hohem Werth feſtzuſtellen, welcher Draht für die verſchiedenen Hanfſorten zur Erlangung der höchſten Reißlänge oder Garnfeſtigkeit der zweckmäßigſte iſt und wie weit bei den verſchiedenen Garnproben man an dieſen Werth herangegangen war.

Um ein vollſtändig ſicheres Urtheil über dieſen Gegenſtand zu erzielen, hätten ſämmtliche Garne in gleicher Weiſe wie das Garn Nr. 6 geprüft werden müſſen. Hierzu ſtand die Zeit nicht zur Verfügung. Ich mußte mich daher darauf beſchränken, den zweckmäßigſten Draht aus den Ergebniſſen, welche die Prüfung ſämmtlicher Garne bei 1,5 m Länge geliefert hatten und welche in Tab. 6 (S. 114—121) zuſammengeſtellt ſind, in der Weiſe zu ermitteln, daß

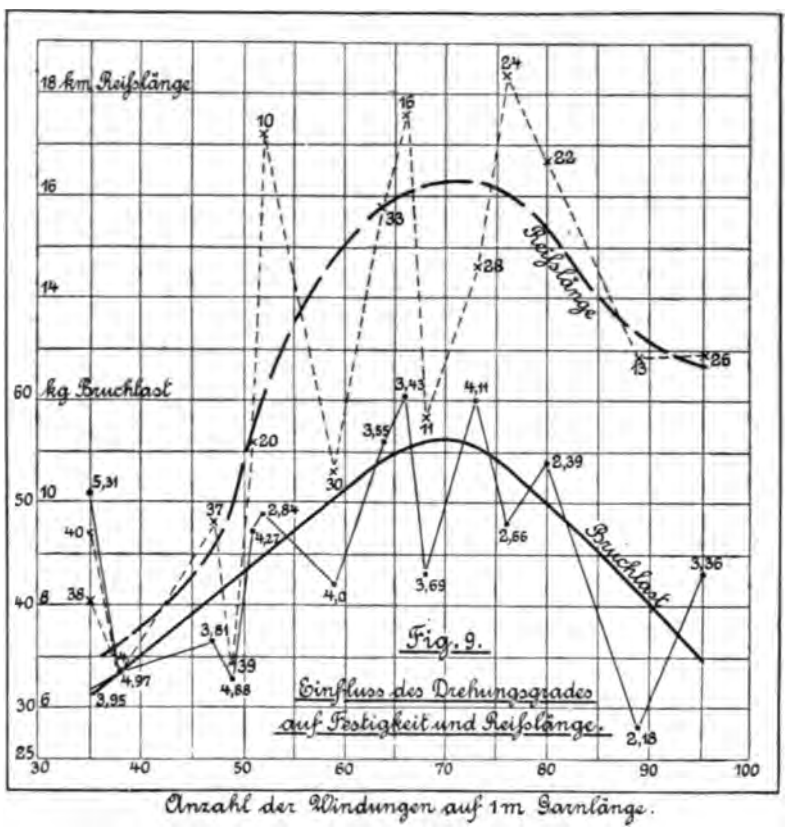


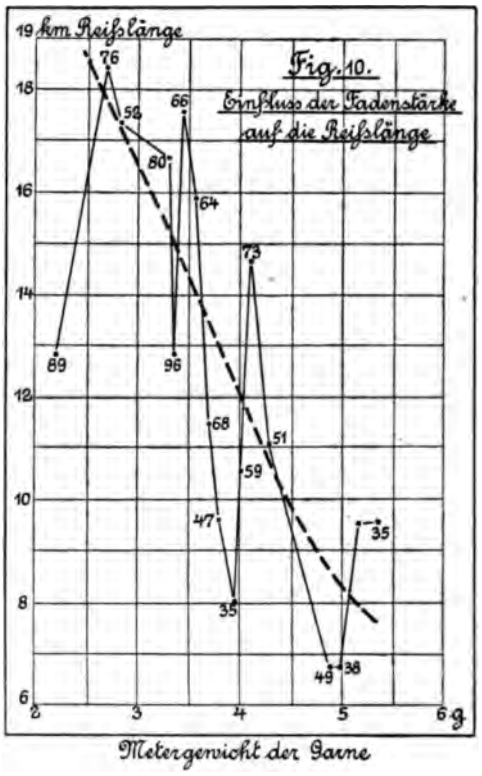
Fig. 9.
Einfluss des Drehungsgrades auf Festigkeit und Reißlänge.

die Garne gleichen Materials hinſichtlich ihrer Feſtigkeit und Reißlänge und unter Berückſichtigung ihres Drahtes miteinander verglichen wurden. Aber auch dieſer Vergleich war mit einiger Zuverläſſigkeit nur für die Garne aus ruſſiſchem Hanf möglich, weil die Zahl der Garne aus den übrigen Hanfſorten zu gering war.

In Ausführung des beſagten Vergleiches wurden ohne Rückſicht auf die Verſchiedenheiten der Garne hinſichtlich ihres Metergewichtes die Drahtzahlen einerſeits und die Reißlängen und Zugfeſtigkeiten andererſeits für alle Garne aus ruſſiſchem Hanf in gleicher Weiſe wie oben beim Garn Nr. 6 in Fig. 9 graphiſch aufgetragen und die [illegible] Punkte der Reihe nach zunächſt geradlinig verbunden. Die wahrſcheinlichſten [illegible] genannten Beziehungen wurden ſchließlich durch kontinuirliche Ausgleichslinie[illegible] ersetzt.

Diese Ausgleichslinien entsprechen in ihrem Verlauf im allgemeinen denjenigen, welche s Garn Nr. 6 erhalten waren. Sie zeigen zunächst wie jene, daß die günstigste tzahl auch für russischen Hanf etwa bei 70 liegt. Dagegen scheint hier im atz zu der früheren Beobachtung die höchste Reißlänge einem größeren Draht zu ent- n als die höchste Bruchlast. Ob diese Erscheinung in den Verschiedenheiten hinsichtlich etergewichte (Feinheit) der Garne begründet ist, möge dahingestellt bleiben. Unbedingt ber diese Verschiedenheiten besonders auf die Bruchlasten der einzelnen Garne von un- arem Einfluß gewesen, sodaß die Beziehungen zwischen Draht und Bruchlast an der in Fig. 9 gegebenen Ausgleichslinie nicht mit Sicherheit erkannt werden können. Zur n Uebersicht sind in der Schaulinie für die Bruchlasten die zugehörigen Metergewichte t der Schaulinie für die Reißlängen die Garnnummern neben den einzelnen aufgetragenen n niedergeschrieben. —

Der Einfluß des Metergewichtes ie Reißlänge wurde an dem russischen al besonders untersucht, indem die Meter- e als Abscissen und die Reißlängen als nten in Fig. 10 aufgetragen wurden.



Aus der erhaltenen Zickzacklinie und noch aus der hiernach entworfenen Ausgleichs- kennt man, daß die Reißlänge der e aus russischem Hanf mit deren mendem Metergewicht, also mit mender Feinheit, ebenfalls ab- t. Da die Ausgleichslinie an- nd eine gerade ist, so scheint die me der Reißlänge derjenigen der eit des Garnes proportional zu

Man möchte hiernach auf den ersten neinen, daß der Einfluß des Drahtes en der Feinheit vollständig verdeckt wird. t man aber den Verlauf der Zickzack- n Hinblick auf die Drahtzahlen, welche die einzelnen Punkte geschrieben sind, nnt man den oben erwähnten Einfluß ahtes ganz deutlich. Fast ohne Aus- steigt die Zickzacklinie und zwar bis über die Ausgleichslinie mit der zahl der zugehörigen Beobachtungspunkte solange an, als die Draht- den früher als am günstigsten bezeichneten Werth von 70 nicht wesent- erschreiten, sobald dies der Fall, wendet sie sich abwärts.

Wenn nun auch die Ergebnisse der beiden besprochenen Versuchsreihen gut überein- n, so erschien es dennoch nicht ausgeschlossen, daß der Einfluß des Drahtes sich in Weise äußert, wenn den Garnen sogleich beim Spinnen ein verschiedenartiger Drall wird, als wenn der Draht an fertigen Garnen durch Nachdrehen und vor allem lufdrehen von Hand geändert wird. Um den hierin etwa begründeten Nebeneinfluß schließen, gelangten auch die bereits oben erwähnten, von Herrn Michelsen zu Vegesack

Tabelle 6. **Ergebnisse der Zugversuche mit**

Lfde. Nr.	Garn Nr.	Frage-bogen Nr.	Material: Ursprung	Material: Benennung	Material: Zubereitung	Gesponnen	Versuch Nr.	Gewicht pro Meter g	Draht pro Meter	Luftfeuchtigkeit %	Festigkeit: Bruchlast kg	Festigkeit: Mittlere Reißlänge km	Aschengehalt %
1	1a		Ungarisch	—	von in Wasser geröstetem Rohhanf rein abgezogen	von der Hand	1	3,187	69	70	34,5	13,39	3,02
							2		77	71	(41,0)		
							3		68	71	59,0		
							4		61	70	41,5		
							5		73	69	37,5		
							Mittel		**69**	**70**	**42,7**		
2	36			Strang-hanf	auf der Sechserhechel gehechelt	desgl.	1	3,62	51	65	52,5	15,02	2,20
							2		45	65	49,5		
							3		47	65	55,5		
							4		48	65	58,0		
							5		50	65	56,0		
							Mittel		**48**	**65**	**54,3**		
3	35			Spitz-hanf	abgespitzt	desgl.	1	3,69	76	64	49,0	16,15	2,40
							2			64	58,5		
							3			63	65,0		
							4			63	64,0		
							5			62	61,5		
							Mittel			**63**	**59,6**		
4	29			Ge-riebener Hanf	rein abgezogen	desgl.	1	4,11	61	72	68,0	18,05	2,06
							2		62	70	73,5		
							3		75	72	81,0		
							4		68	70	66,5		
							5		80	68	(82,0)		
							Mittel		**69**	**70**	**74,2**		
5	6		Italienisch	Bologneser Hanf	abgespitzt, maschinen-gehechelt und sortirt	mechanisch	1	2,06	50	**43**	32,5	17,72	1,2
							2				39,0		
							3				39,5		
							4				37,5		
							5				(34,0)		
							Mittel				**36,5**		
6	7			desgl.	desgl.	desgl.	1	2,13	59	60	42,5	19,91	1,55
							2			60	41,5		
							3			60	44,5		
							4			75	44,0		
							5			75	39,5		
							Mittel			**68**	**42,4**		
7	12			—	gehechelt	von der Hand	1	3,21	63	**59**	37,5	14,39	1,15
							2				47,0		
							3				48,0		
							4				47,5		
							5				49,5		
							Mittel				**45,9**		
8	23			Cor-daggio	rein abgezogen	desgl.	1	3,89	60	77	57,5	13,44	1,4
							2		46	76	58,0		
							3		48	73	48,0		
							4		48	73	52,0		
							5		48	72	46,0		
							Mittel		**50**	**74**	**52,3**		
9	5			—	roh abgezogen	desgl.	1	5,25	36	63	19,0	6,61	1,0
							2		33	63	25,0		
							3		45	76	49,5		
							4		47	76	38,0		
							5		39	76	42,0		
							Mittel		**40**	**70**	**34,7**		

den rohen Garnen bei 1,5 m Versuchslänge.

Dehnung gemessen auf 1,5 m bei den folgenden Belastungen in kg

5	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80
12,2	19,3	24,3	28,4	32,0	35,2	—	—	—	—	—
8,3	14,4	18,9	22,5	25,9	29,2	39,2	—	—	—	—
6,7	12,1	15,4	18,4	21,0	23,3	27,6	32,0	—	—	—
—	12,8	15,4	17,9	20,2	22,7	26,9	—	—	—	—
8,1	15,3	19,9	23,9	27,5	30,3	—	—	—	—	—
8,9	**14,8**	**18,8**	**22,2**	**25,3**	**28,1**	**(31,2)**	**(32,0)**	—	—	—
6,8	11,8	15,5	18,8	21,3	24,1	29,2	33,7	—	—	—
5,9	10,1	13,2	15,8	17,9	20,2	24,8	—	—	—	—
4,6	8,0	10,4	12,9	15,5	17,8	21,8	25,5	—	—	—
5,4	8,9	11,6	13,9	15,8	18,1	22,2	25,9	—	—	—
4,6	7,9	10,8	13,2	15,6	17,3	21,2	24,9	—	—	—
5,5	**9,3**	**12,3**	**14,9**	**17,2**	**19,5**	**23,8**	**(27,5)**	—	—	—
6,0	11,8	16,4	20,8	24,2	27,2	34,3	—	—	—	—
5,5	11,1	15,7	19,8	23,1	26,1	32,0	38,3	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4,9	11,2	17,9	23,0	27,2	30,6	36,6	—	46,1	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5,5	**11,4**	**16,7**	**21,2**	**24,8**	**28,0**	**34,3**	**(38,3)**	**(46,1)**	—	—
9,3	14,3	18,8	22,9	26,1	29,1	34,3	39,7	44,5	—	—
9,0	14,5	19,0	23,5	26,8	29,5	35,2	40,3	44,6	48,9	—
7,7	13,6	18,1	21,9	25,3	28,2	34,3	39,3	44,7	48,3	52,8
8,0	14,4	19,0	23,2	26,5	29,7	35,2	41,2	45,2	—	—
10,6	16,8	21,6	25,1	28,2	31,2	37,0	41,8	45,9	49,7	53,8
8,9	**14,7**	**19,3**	**23,3**	**26,6**	**29,5**	**35,3**	**40,5**	**45,0**	**(49,0)**	**(53,3)**
17,0	23,7	29,3	33,4	37,2	40,6	—	—	—	—	—
12,4	19,0	24,4	28,8	32,5	36,0	—	—	—	—	—
12,5	19,8	25,4	29,7	33,8	39,3	—	—	—	—	—
11,8	19,0	24,2	28,8	32,3	36,2	—	—	—	—	—
10,3	17,7	23,1	27,5	31,3	36,8	—	—	—	—	—
12,8	**19,8**	**25,3**	**29,6**	**33,4**	**37,8**	—	—	—	—	—
9,7	16,8	21,9	25,9	29,7	32,6	38,7	—	—	—	—
9,2	16,8	22,0	26,1	29,7	32,7	38,3	—	—	—	—
11,0	18,8	24,0	28,1	31,8	35,1	41,4	—	—	—	—
10,7	18,4	23,9	28,1	31,7	34,8	40,5	—	—	—	—
10,8	18,2	23,6	27,5	31,2	34,2	—	—	—	—	—
10,3	**17,8**	**23,1**	**27,2**	**30,8**	**33,9**	**(40,0)**	—	—	—	—
4,7	8,8	11,7	14,3	16,6	18,7	—	—	—	—	—
5,8	9,9	13,1	15,8	18,1	20,2	24,1	—	—	—	—
5,9	10,3	13,8	16,7	19,1	21,2	25,2	—	—	—	—
5,7	9,9	13,0	15,5	—	19,7	23,2	—	—	—	—
6,6	11,2	14,8	17,6	20,1	22,2	26,2	—	—	—	—
5,7	**10,0**	**13,3**	**16,0**	**(18,5)**	**20,4**	**(24,7)**	—	—	—	—

Die Aufzeichnungen sind nicht benutzt, weil bei 40 kg ein Gleiten in den Keilen beobachtet wurde.

(27,1)	(36,8)	(41,9)	(45,2)	(48,2)	(50,5)	(54,2)	(57,6)	{ Der großen Abweichung wegen vom Mittel ausgeschlossen.
4,1	7,9	10,6	12,8	14,7	16,2	19,5	—	— — —
4,8	7,9	10,2	11,9	13,6	15,3	18,5	21,8	— — —
5,5	8,7	11,2	13,2	15,0	16,9	20,5	—	— — —
4,8	**8,2**	**10,7**	**12,6**	**14,4**	**16,1**	**19,5**	**(21,8)**	— — —
3,6	6,3	9,0	—	—	—	—	—	— — —
5,5	10,2	16,2	25,0	27,8	—	—	—	— — —
3,8	8,3	11,6	14,0	16,2	19,1	23,7	—	— — —
4,8	9,2	12,3	15,1	17,9	22,0	—	—	— — —
5,7	10,1	12,9	15,3	17,3	19,1	22,4	—	— — —
4,7	**8,8**	**12,4**	**17,3**	**19,8**	**(20,1)**	**(23,1)**	—	— — —

Lfde. Nr.	Garn Nr.	Frage-bogen Nr.	Material			Gesponnen	Versuch Nr.	Gewicht pro Meter g	Draht pro Meter	Luftfeuchtigkeit %	Festigkeit		Aschengehalt %
			Ursprung	Benennung	Zubereitung						Bruchlast kg	Mittlere Reißlänge km	
10	13		Russischer	OSMRH	gehechelt	von der Hand	1	2,18	89	—	29,5	12,84	1,59
							2			—	24,5		
							3			—	34,0		
							4			—	12,0		
							5			—	40,0		
							Mittel			—	**28,0**		
11	24			Malestowker Lagen	rein abgezogen	desgl.	1	2,66	76	61	49,5	18,38	0,93
							2			70	54,0		
							3			70	54,5		
							4			70	45,5		
							5			70	41,0		
							Mittel			**68**	**48,9**		
12	10			OSMRH	gehechelt	desgl.	1	2,84	52	59	52,5	17,25	1,59
							2			61	46,5		
							3			61	46,0		
							4			60	53,5		
							5			58	46,5		
							Mittel			**59,8**	**49,0**		
13	22			Büchower	rein abgezogen	desgl.	1	3,29	80	76	49,0	16,66	—
							2			76	59,5		
							3			76	68,5		
							4			76	43,5		
							5			75	53,5		
							Mittel			**76**	**54,8**		
14	26			Königsberger Reinhanf	desgl.	desgl.	1	3,36	96	70	50,0	12,86	1,24
							2			70	49,0		
							3			70	42,0		
							4			70	43,5		
							5			69	31,5		
							Mittel			**70**	**43,2**		
15	16			desgl.	desgl.	desgl.	1	3,43	66	79	63,0	17,58	1,73
							2			79	66,0		
							3			79	62,5		
							4			75	52,0		
							5			75	58,0		
							Mittel			**77**	**60,3**		
16	33			Malestowker	desgl.	desgl.	1	3,55	56	67	58,5	15,85	1,75
							2		74	67	53,0		
							3		65	67	68,0		
							4		56	70	47,5		
							5		67	69	54,5		
							Mittel		**64**	**68**	**56,3**		
17	11			OSMRH	gehechelt	desgl.	1	3,69	73	56	[63,5]	11,71	1,59
							2		73	55	41,0		
							3		73	55	42,5		
							4		60	55	44,5		
							5		60	55	45,0		
							Mittel		**68**	**55**	**43,2**		
18	37			Reinhanf	gut abgespitzt	desgl. links	1	3,81	42	76	36,5	9,63	2,03
							2		42	76	42,0		
							3		47	76	32,5		
							4		52	76	38,5		
							5		53	76	34,0		
							Mittel		**47**	**76**	**36,7**		

Dehnung gemessen auf 1,5 m bei den folgenden Belastungen in kg

5	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7,2	13,8	18,8	22,8	26,2	29,2	37,0	—	—	—	—
10,7	18,2	24,2	29,1	33,0	36,4	43,0	49,8	—	—	—
6,2	12,8	17,7	21,8	25,2	28,1	33,7	38,8	—	—	—
7,7	14,6	19,4	23,9	27,3	30,6	36,8	—	—	—	—
8,2	16,7	23,3	28,5	33,2	37,8	46,4	—	—	—	—
8,0	**15,2**	**20,7**	**25,2**	**29,0**	**32,4**	**39,4**	—	—	—	—
9,2	16,3	21,6	25,7	29,3	32,3	38,6	43,9	—	—	—
8,8	14,7	18,2	21,6	24,3	26,8	31,6	—	—	—	—
7,6	12,8	16,7	20,0	22,6	25,0	29,4	—	—	—	—
7,9	13,4	17,6	20,8	23,5	25,8	30,3	34,2	—	—	—
8,4	13,4	17,2	20,3	23,0	25,2	29,2	—	—	—	—
8,4	**14,1**	**18,3**	**21,7**	**24,5**	**27,0**	**31,8**	—	—	—	—
7,2	13,6	18,6	22,8	26,3	29,7	35,6	—	—	—	—
6,3	12,8	18,0	22,3	25,8	29,2	34,8	43,0	—	—	—
		Versuch wurde mit mehrmaligen Entlastungen ausgeführt.							—	—
8,6	15,3	20,0	24,1	27,4	30,7	—	—	—	—	—
7,0	14,2	20,3	25,2	29,8	33,3	40,0	46,0	—	—	—
7,3	**14,0**	**19,2**	**23,6**	**27,3**	**31,0**	**(36,8)**	**(44,5)**	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8,1	13,8	17,5	20,6	23,3	25,7	29,8	33,8	37,9	—	—
7,9	14,3	19,1	22,8	26,1	29,2	34,8	38,8	43,2	—	—
9,3	17,2	23,4	27,3	30,8	34,2	39,8	44,6	49,3	—	—
8,5	14,2	18,1	21,2	23,6	25,5	29,7	33,8	—	—	—
7,0	12,7	17,0	20,0	22,5	25,2	29,7	34,3	—	—	—
8,2	**14,4**	**19,0**	**22,4**	**25,3**	**28,0**	**32,8**	**37,1**	**(43,5)**	—	—
5,7	9,3	12,4	15,1	17,4	19,7	24,2	28,8	—	—	—
4,0	7,9	10,8	13,2	15,6	17,8	22,1	26,1	—	—	—
4,8	8,3	11,2	13,6	15,8	17,9	21,4	25,0	28,3	—	—
4,8	9,2	12,4	15,3	17,8	19,9	24,2	—	—	—	—
4,3	7,9	10,7	13,3	15,7	18,0	21,9	26,0	—	—	—
4,7	**8,5**	**11,5**	**14,1**	**16,5**	**18,7**	**22,8**	**(26,5)**	**(28,3)**	—	—
5,1	10,3	14,4	17,6	20,6	23,3	28,0	32,2	—	—	—
9,0	16,3	21,7	26,1	30,0	33,2	40,0	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8,7	16,3	21,2	25,6	29,4	32,8	40,0	—	—	—	—
6,0	10,6	14,0	16,9	19,6	22,1	27,2	—	—	—	—
7,2	**13,4**	**17,8**	**21,6**	**24,9**	**27,9**	**33,8**	—	—	—	—
4,9	10,0	14,1	17,4	20,5	23,7	—	—	—	—	—
6,4	11,2	14,4	17,3	19,9	22,3	29,8	—	—	—	—
8,0	13,6	17,7	20,5	23,6	31,2	—	—	—	—	—
9,3	15,3	19,2	22,3	25,4	28,2	—	—	—	—	—
7,8	13,1	17,0	19,9	22,9	25,8	—	—	—	—	—
7,3	**12,6**	**16,5**	**19,5**	**22,5**	**26,2**	**(29,8)**	—	—	—	—

Lfde. Nr.	Garn Nr.	Frage-bogen Nr.	Material: Urſprung	Material: Benennung	Material: Zubereitung	Geſponnen	Verſuch Nr.	Gewicht pro Meter g	Draht pro Meter	Luftfeuchtigkeit %	Feſtigkeit: Bruchlaſt kg	Feſtigkeit: Mittlere Reißlänge km	Aſchengehalt %
19	38		Ruſſiſcher	Reinhanf	gut abgeſpitzt	von der Hand rechts	1	3,95	31	64	38,0	8,08	2,03
							2		39	64	29,5		
							3		43	64	45,0		
							4		31	65	18,5		
							5		33	65	28,0		
							Mittel		**35**	**65**	**31,8**		
20	30			Königsberger Reinhanf	abgezogen (Das Garn iſt auf 80 Klafter à 5 Fuß geſponnen.)	von der Hand	1	4,00	59	61	49,0	10,55	2,18
							2		57	61	40,0		
							3		61	61	36,5		
							4		60	61	37,0		
							5		59	61	48,5		
							Mittel		**59**	**61**	**42,2**		
21	28			desgl. langer, fein gedockter	roh	desgl.	1	4,11	75	66	70,0	14,62	1,63
							2		73	65	73,5		
							3		78	65	59,0		
							4		72	64	48,5		
							5		69	64	49,5		
							Mittel		**73**	**65**	**60,1**		
22	21			Karatſchew OSFPRH	rein abgezogen	desgl.	1	4,18	56	**66**	33,5	11,82	1,83
							2				46,0		
							3				62,5		
							4				56,0		
							5				49,0		
							Mittel				**49,4**		
23	20			—	desgl.	desgl.	1	4,27	51	64	44,5	11,08	2,0
							2			64	38,0		
							3			64	52,0		
							4			62	57,5		
							5			61	44,5		
							Mittel			**63**	**47,3**		
24	39			Königsberger Reinhanf	abgezogen	desgl.	1	4,88	57	66	34,5	6,75	1,70
							2		48	66	31,5		
							3		45	66	32,0		
							4		47	66	33,5		
							5		[28]	66	[48,5]		
							Mittel		**49**	**66**	**32,9**		
25	4			—	roh abgezogen	desgl.	1	4,97	44	75	33,0	6,74	2,4
							2		27	73	53,0		
							3		41	72	17,5		
							4		36	71	34,5		
							5		40	71	29,5		
							Mittel		**38**	**72**	**33,5**		
26	41			Reinhanf	abgeſpitzt	desgl.	1	5,17	—	—	55,0	9,56	1,98
							2				46,5		
							3				40,5		
							4				57,0		
							5				48,0		
							Mittel				**49,4**		
27	40			Königsberger Reinhanf	roh	desgl.	1	5,31	33	68	38,0	9,58	1,71
							2		26	67	40,0		
							3		37	67	62,0		
							4		35	67	66,5		
							5		44	67	48,0		
							Mittel		**35**	**67**	**50,9**		

Dehnung gemeſſen auf 1,5 m bei den folgenden Belaſtungen in kg

5	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80
7,2	12,2	16,1	19,3	23,0	26,8	—	—	—	—	—
7,9	14,0	18,3	22,2	25,7	—	—	—	—	—	—
6,2	9,9	12,6	14,9	17,4	20,2	24,8	—	—	—	—
4,8	8,5	12,2	—	—	—	—	—	—	—	—
6,0	10,4	14,2	18,1	21,7	—	—	—	—	—	—
6,4	**11,0**	**14,7**	**(18,6)**	**(22,0)**	**(23,5)**	**(24,8)**	—	—	—	—
7,2	12,1	15,9	19,1	22,2	25,0	31,9	—	—	—	—
8,4	13,8	17,3	20,6	24,8	27,7	35,0	—	—	—	—
6,0	11,3	15,2	19,7	23,6	27,2	—	—	—	—	—
6,1	11,3	15,3	19,3	22,8	26,7	—	—	—	—	—
6,2	11,2	15,0	18,7	22,4	25,8	32,1	—	—	—	—
6,8	**12,0**	**15,7**	**19,5**	**23,2**	**26,5**	**(33,0)**	—	—	—	—
16,8	27,5	32,2	36,4	39,8	43,3	49,8	54,7	59,1	63,6	—
8,8	15,6	20,0	23,8	27,3	30,6	36,5	41,5	46,3	50,8	—
15,0	23,2	29,0	34,2	38,4	42,7	50,0	56,3	—	—	—
9,2	14,3	18,4	22,0	25,5	28,3	34,1	—	—	—	—
7,2	12,8	16,6	19,9	23,1	25,7	31,3	—	—	—	—
11,4	**18,7**	**23,2**	**27,3**	**30,8**	**31,1**	**40,3**	**(50,8)**	**(52,7)**	**(57,2)**	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8,4	14,2	18,6	22,2	25,2	28,1	—	—	—	—	—
7,4	13,2	17,3	20,8	23,9	26,7	31,9	38,5	—	—	—
8,7	—	21,2	—	28,6	32,1	37,3	43,9	—	—	—
8,7	15,7	20,9	25,0	28,5	31,7	39,3	—	—	—	—
8,3	**10,8**	**19,5**	**22,7**	**26,6**	**29,7**	**(36,2)**	**(41,2)**	—	—	—
8,6	14,8	19,3	23,4	27,7	31,2	—	—	—	—	—
9,1	14,8	—	—	26,0	29,3	—	—	—	—	—
10,3	17,9	22,8	26,6	30,0	33,0	—	—	—	—	—
7,8	15,0	19,8	23,8	27,7	31,0	—	—	—	—	—
8,0	14,0	18,3	21,6	24,7	27,3	32,3	—	—	—	—
8,8	**15,3**	**20,1**	**23,9**	**27,2**	**30,4**	**(32,3)**	—	—	—	—
7,8	13,2	17,0	20,4	24,0	28,2	—	—	—	—	—
7,7	12,6	16,0	18,7	21,2	23,7	27,8	32,7	—	—	—
7,5	13,8	18,1	—	—	—	—	—	—	—	—
6,2	10,9	14,3	17,2	19,8	—	—	—	—	—	—
6,9	11,3	15,2	19,7	22,8	—	—	—	—	—	—
7,2	**12,4**	**16,1**	**(19,0)**	**(22,0)**	**(26,0)**	**(27,8)**	**(32,7)**	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7,4	12,2	15,7	19,0	21,9	24,7	—	—	—	—	—
6,3	9,2	11,9	13,8	16,0	17,5	21,8	—	—	—	—
7,6	12,0	14,8	17,1	19,0	21,0	24,2	26,9	—	—	—
7,2	12,1	15,7	18,3	20,3	22,0	25,3	28,8	31,9	—	—
7,6	12,2	16,0	18,6	21,0	23,2	27,7	—	—	—	—
7,2	**11,5**	**14,8**	**17,4**	**19,6**	**21,7**	**(24,7)**	**(27,9)**	**(31,9)**	—	—

Lfde. Nr.	Garn Nr.	Frage-bogen Nr.	Material: Ursprung	Material: Benennung	Material: Zubereitung	Gesponnen	Versuch Nr.	Gewicht pro Meter g	Draht pro Meter	Luftfeuchtigkeit %	Festigkeit: Bruchlast kg	Festigkeit: Mittlere Reißlänge km	Aschengehalt %
28	32		Badischer Schleißhanf	—	rein abgezogen	von der Hand	1	3,18	63	66	45,0	12,52	2,46
							2			66	40,0		
							3			66	41,0		
							4			65	31,0		
							5			65	42,0		
							Mittel			66	39,8		
29	14			halbgestampft	desgl.	desgl.	1	4,83	52	68	(61,5)	13,54	2,70
							2		50	68	59,0		
							3		50	67	59,0		
							4		47	66	67,5		
							5		48	66	80,0		
							Mittel		50	67	65,4		
30	9			ungestampft	abgezogen ohne Einlagen	desgl. links	1	4,85	58	54	49,0	12,22	3,4
							2				(53,0)		
							3				60,0		
							4				62,0		
							5				72,5		
							Mittel				59,3		
31	19			—	abgezogen	von der Hand	1	4,96	51	71	(79,0)	16,05	2,13
							2		55	71	81,0		
							3		57	71	90,5		
							4		50	70	74,0		
							5		60	69	73,5		
							Mittel		55	70	79,6		
32	15			—	desgl.	desgl.	1	5,12	49	78	71,5	14,94	2,83
							2		46	78	68,5		
							3		46	78	74,5		
							4		39	78	76,5		
							5		37	78	91,5		
							Mittel		43	78	76,5		

für diese Untersuchungen besonders gefertigten Garne noch zur Prüfung. Es waren dies Garne aus russischem und aus Manilahanf, beide Arten im „gewöhnlich", „fest" und „lose" geschlagenen Zustand und zwar die gewöhnlich geschlagenen in fünf verschiedenen Stärken, die beiden anderen Gruppen in je drei verschiedenen Stärken. Die letzteren entsprechen annähernd den Stärken 2—4 der ersten Gruppe. —

Die mit diesen Garnen erhaltenen Ergebnisse sind in Tab. 7 und 8 (S. 122—127) zusammengestellt. Aus ihnen ergiebt sich, daß die Unterschiede im Draht bei den Garnen gleicher Feinheit nicht in dem beabsichtigten Grade erreicht waren, sodaß ein Vergleich der Garne nach dieser Richtung als lückenhaft bezeichnet werden muß. Ganz allgemein läßt sich aus den Beziehungen zwischen Draht und Reißlänge dieser Garne nur entnehmen, daß die festgeschlagenen Garne die geringsten und die lose geschlagenen Garne die höchsten Reißlängen zeigten. Die Drahtzahlen sind jedoch, wie gesagt, zu wenig von einander verschieden und auch die höchste ist an sich zu gering, als daß man annehmen könnte, daß mit ihr der günstigste Punkt für die Materialausnutzung bereits überschritten ist.

Beachtenswerth ist das Ergebniß, welches die Versuche hinsichtlich des Einflusses der Feinheit der Garne auf deren Bruchlast und Reißlänge bei annähernd gleichem Draht lieferten. — Die Ergebnisse sind in Fig. 11 und 12 graphisch dargestellt, indem die Metergewichte als

Dehnung gemeſſen auf 1,5 m bei den folgenden Belaſtungen in kg

5	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80
4,9	8,8	12,2	14,9	17,4	19,5	24,2	—	—	—	—
4,9	10,3	14,4	17,9	21,1	24,0	—	—	—	—	—
5,1	10,0	13,9	17,3	20,3	22,8	28,2	—	—	—	—
5,6	10,3	14,0	17,2	—	22,8	—	—	—	—	—
6,8	12,2	16,7	20,3	23,6	26,1	31,1	—	—	—	—
5,5	10,3	14,2	17,5	(20,6)	23,0	(27,8)	—	—	—	—
8,7	15,3	—	24,2	—	—	33,8	38,2	44,1	—	—
8,2	14,7	19,2	22,9	25,9	29,1	34,1	36,8	—	—	—
8,6	14,2	18,4	21,9	25,3	29,0	34,4	40,2	—	—	—
7,5	13,8	18,5	22,0	25,1	28,0	32,8	37,1	41,7	—	—
7,9	14,2	18,4	21,9	24,8	27,3	31,8	36,6	40,3	44,0	47,6
8,2	14,4	(18,6)	22,6	(25,3)	(28,3)	33,4	37,8	(42,0)	(44,0)	(47,6)
12,5	19,0	23,3	26,7	29,8	32,7	37,9	—	—	—	—
6,2	11,9	16,3	19,7	23,1	25,7	30,7	38,9	—	—	—
12,2	19,1	23,9	27,3	30,6	33,2	39,7	—	—	—	—
11,0	18,3	23,7	27,9	31,2	34,3	39,6	43,8	—	—	—
6,7	11,9	16,8	20,9	24,2	27,0	31,9	36,2	—	—	—
9,7	16,0	20,8	24,5	27,8	30,6	36,0	(39,6)	—	—	—
8,2	15,3	19,8	23,8	25,9	28,5	33,5	37,7	41,2	44,9	—
10,3	16,9	21,3	25,0	28,2	30,7	36,2	40,7	44,2	47,9	51,2
8,6	15,3	20,7	24,4	27,8	31,0	36,2	40,8	44,9	48,8	52,8
10,2	16,2	20,5	24,1	27,0	29,8	34,7	39,2	43,3	48,0	—
8,2	15,1	19,8	23,7	26,8	29,5	34,6	38,8	42,8	46,8	—
9,1	15,8	20,4	24,2	27,1	29,9	35,0	39,4	43,3	47,3	(52,0)
9,4	14,7	18,2	20,8	23,3	25,3	29,5	33,4	37,2	40,9	—
6,5	11,4	15,3	18,0	20,6	23,1	27,8	32,3	—	—	—
6,9	11,0	14,2	16,9	19,3	21,5	25,6	29,3	32,8	—	—
6,8	11,3	14,3	16,9	19,1	21,3	24,7	28,2	31,6	34,7	—
7,2	11,2	13,9	16,2	18,2	20,0	23,3	26,0	28,9	31,6	33,9
7,4	11,9	15,2	17,8	20,1	22,2	26,2	29,8	(32,6)	(35,7)	(33,9)

Abſciſſen und die Feſtigkeitswerthe als Ordinaten aufgetragen wurden. Die ausgezogenen Linien gelten für den gewöhnlichen Draht, die punktirten für den feſten und die geſtrichelten für den loſen Draht. —

Zunächſt erkennt man an dem meiſt gut übereinſtimmenden Verlauf der je drei nach dem Material zuſammengehörigen Linien, daß der Einfluß der Feinheit oder des Metergewichtes der Garne bei verſchiedenem Draht in gleicher Weiſe, und zwar in Uebereinſtimmung mit dem in Fig. 10 dargeſtellten Ergebniß ſich derart äußert, daß mit zunehmendem

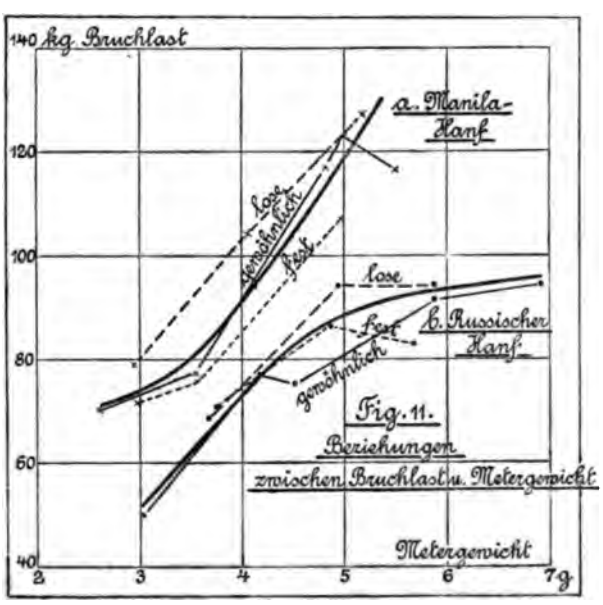


Tabelle 7. Zerreißversuche mit Garnen von verschiedenem Draht

Versuchslänge

A. Garne aus abgezogenem Smolensker

Zeichen der Proben	Versuch Nr.	Luftfeuchtigkeit %	Mittleres Gewicht pro m g	Draht (Windungen) pro m	Festigkeit: Bruchlast kg	Festigkeit: Mittlere Reißlänge km	Bemerkungen	Zeichen der Proben	Versuch Nr.	Luftfeuchtigkeit %	Mittleres Gewicht pro m g	Draht (Windungen) pro m
	Gewöhnlich geschlagen								Fest ge-			
I	1	65		41	104,0		Der Bruch erfolgte bei allen Proben innerhalb der Versuchslänge und zwar bei 2 und 4 plötzlich, bei 3 und 5 allmählich. Bei 1 rissen zunächst einzelne Fasern.	—	—	—	—	—
	2	64		40	96,0							
	3	64	—	39	89,5	13,69						
	4	63		39	94,0							
	5	63		42	89,0							
	Mittel	64	6,902	40	94,5				—	—	—	—
IIb	1	56		38	80,5		Der Bruch erfolgte bei allen Proben plötzlich und innerhalb der Versuchslänge. — Die Probe 5 hatte ein Metergewicht von 7,33 g; die übrigen im Mittel 5,5 g.	IIc	1			49
	2	56		39	69,0				2			49
	3	56	—	41	99,0	15,68			3	—	—	48
	4	56		39	86,0				4			51
	5	60		44	125,0				5			52
	Mittel	57	5,861	40	91,9				Mittel	—	5,662	50
IIIb	1	68		44	93,0		Der Bruch erfolgte bei allen Proben plötzlich und innerhalb der Versuchslänge.	IIIc	1	65		55
	2	66		44	62,0				2	62		51
	3	65	—	41	83,0	16,77			3	61	—	49
	4	65		42	72,5				4	60		48
	5	64		41	67,0				5	60		49
	Mittel	66	4,501	42	75,5				Mittel	62	4,849	50
IVb	1	60		40	80,0		Der Bruch erfolgte bei 2 in der Einspannung, bei den übrigen plötzlich und innerhalb der Versuchslänge.	IVc	1	60		47
	2	60		38	(79,5)				2	58		45
	3	60	—	39	79,5	18,43			3	57	—	49
	4	60		42	74,5				4	56		48
	5	60		43	72,0				5	55		48
	Mittel	60	4,183	40	77,1				Mittel	57	3,741	47
V	1	54		45	48,5		Wie bei IIIb.	—	—	—	—	—
	2	53		45	47,5							
	3	53	—	48	44,0	16,60						
	4	53		44	50,5							
	5	53		42	60,0							
	Mittel	53	3,019	45	50,1				—	—	—	—

B. Garne aus Prima-

I	1	65			(127,0)		Nur Probe 4 riß im freien Theil, alle übrigen in der Einspannung.	—	—	—	—	—
	2	65			(113,0)							
	3	64	—	—	(110,0)	21,14						
	4	63			117,0							
	5	61			(116,0)							
	Mittel	68	5,51	38	116,6				—	—	—	—

und verschiedener Stärke aus demselben Material gesponnen.

= 1,5 m.

Maleſtowker-Hanf geſponnen.

Festigkeit		Bemerkungen	Zeichen der Proben	Versuch Nr.	Luftfeuchtigkeit %	Mittleres Gewicht pro m g	Draht (Windungen) pro m	Festigkeit		Bemerkungen
Bruchlast kg	Mittlere Reißlänge km							Bruchlast kg	Mittlere Reißlänge km	
schlagen				Lose geschlagen						
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—				—	—	—	—	—		
79,0				1	59		37	79,0		
78,5				2	59		36	104,5		
94,0	14,75	Der Bruch erfolgte bei allen Proben plötzlich und innerhalb der Versuchslänge.	IIa	3	63	—	40	78,5	16,12	Der Bruch erfolgte bei 1 langsam, bei den übrigen plötzlich innerhalb der Versuchslänge.
80,5				4	61		39	108,0		
85,5				5	60		38	102,0		
88,5				Mittel	**60**	**5,857**	**38**	**94,4**		
107,0				1	67		37	88,0		
99,5				2	67		37	106,0		
80,5	17,78	Desgl.	IIIa	3	67	—	42	89,0	19,03	Probe 4 riß in der Einspannung, die übrigen plötzlich innerhalb der Versuchslänge.
82,0				4	67		38	(96,0)		
62,0				5	67		39	92,0		
86,2				Mittel	**67**	**4,951**	**39**	**94,2**		
69,5				1	59		38	71,0		
77,0				2	59		39	62,0		
77,0	19,46	Desgl.	IVa	3	59	—	40	69,5	18,63	Der Bruch erfolgte bei allen Proben innerhalb der Versuchslänge.
76,0				4	61		37	70,0		
64,5				5	61		39	71,0		
72,8				Mittel	**60**	**8,688**	**39**	**68,7**		
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—				—	—	—	—	—		

Manila-Hanf geſponnen.

—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—				—	—	—	—	—		

Zeichen der Proben	Versuch Nr.	Luftfeuchtigkeit %	Mittleres Gewicht pro m g	Draht (Windungen) pro m	Festigkeit: Bruchlast kg	Festigkeit: Mittlere Reißlänge km	Bemerkungen	Zeichen der Proben	Versuch Nr.	Luftfeuchtigkeit %	Mittleres Gewicht pro m %	Draht (Windungen) pro m
Gewöhnlich geschlagen								Fest ge-				
IIb	1	55			[91,0]		Die Proben 3 und 5 rissen im freien Theil, die übrigen in der Einspannung. Der auffallend niedrige Werth zu Versuch 1, anscheinend durch die Einspannung beeinträchtigt, ist vom Mittel ausgeschlossen.	IIc	1	52		
	2	55			(122,0)				2	52		
	3	55	—	—	114,0	**24,60**			3	51	—	—
	4	54			(126,0)				4	50		
	5	53			130,0				5	50		
	Mittel	**54**	**5,00**	**40**	**123,0**				Mittel	**51**	**4,98**	**43**
IIIb	1	65			(112,0)		Sämmtliche Proben rissen in der Einspannung. Die auffallend niedrigen, anscheinend durch die Einspannung beeinträchtigten Bruchlasten zu Versuch 4 und 5 sind vom Mittel ausgeschlossen.	IIIc	1	49		
	2	65			(117,0)				2	49		
	3	65	—	—	(122,0)	**24,32**			3	55	—	—
	4	65			[87,0]				4	55		
	5	65			[83,0]				5	54		
	Mittel	**65**	**4,81**	**41**	**117,0**				Mittel	**52**	**3,56**	**44**
IVb	1	55			75,0		Nur die Probe 1 riß im freien Theil, alle übrigen in der Einspannung.	IVc	1	52		
	2	55			(70,0)				2	52		
	3	56	—	—	(70,0)	**21,74**			3	52	—	—
	4	55			(67,0)				4	51		
	5	54			(104,0)				5	50		
	Mittel	**55**	**3,55**	**41**	**77,2**				Mittel	**51**	**2,98**	**45**
V	1	65			(75,0)		Die Proben 2 und 5 rissen im freien Theil, die übrigen in der Einspannung. Die Bruchlast zu 3 wie bei Reihe IIb und IIIb vom Mittel ausgeschlossen.	—	—	—	—	—
	2	65			64,5							
	3	64	—	—	[39,0]	**27,00**						
	4	63			72,5							
	5	60			69,0							
	Mittel	**63**	**2,60**	**45**	**70,2**					—	—	—

Metergewicht die Festigkeit wächst (Fig. 11), die Reißlänge abnimmt (Fig. 12). Der Verlauf dieses Einflusses ist nach den Ausgleichslinien beim russischen Garn ein wesentlich anderer als bei dem Manilagarn. Bei dem russischen Material nimmt nämlich nach Fig. 11b die Bruchfestigkeit der Garne anfänglich schnell und von 5 g pro m ab nur noch wenig zu, während die Festigkeit des Manilagarnes bei wachsendem Metergewicht nach Fig. 11a anfänglich in geringem Maße, von 4 g ab aber anscheinend mit dem Gewicht proportional zunimmt. Demgemäß ist auch die Reißlänge bei den beiden Garnsorten nach Fig. 12a und b verschiedenartig beeinflußt. Beim russischen Material findet ihre Abnahme hauptsächlich bei höheren Metergewichten statt, sie dauert bis zu 7 g Metergewicht fort, während die Reißlänge der Manilagarne vom Metergewicht gleich 5 g ab konstant zu werden scheint.[1])

Betrachtet man diese Ergebnisse vom praktischen Standpunkte aus, so dürften sie zu

[1]) Anmerkung: Der Eintritt einer annähernd konstanten Reißlänge bei wachsendem Metergewicht ist für alle Garnsorten zu erwarten. Da nämlich die Bruchfestigkeit des Garnes auch bei dem größten Metergewicht niemals gleich Null werden kann, so muß auch die Reißlänge irgend einen endlichen Werth besitzen. Die Schaulinie für die Beziehungen zwischen Reißlänge und Metergewicht wird sich daher bei der gewählten Darstellungsweise der Abscissenachse asymptotisch nähern, worin der Eintritt einer schließlich annähernd konstanten Reißlänge gekennzeichnet ist.

Festigkeit		Bemerkungen	Zeichen der Proben	Versuch Nr.	Luftfeuchtigkeit %	Mittleres Gewicht pro m g	Draht (Windungen) pro m	Festigkeit		Bemerkungen
Bruchlast kg	Mittlere Reißlänge km							Bruchlast kg	Mittlere Reißlänge km	
schlagen			Lose geschlagen							
(107,0) (97,0) (112,0) 101,0 119,0	21,53	Die Proben 1—3 rissen in der Einspannung, die übrigen innerhalb der Versuchslänge.	IIa	1 2 3 4 5	57 56 54 55 54	—	—	119,0 137,0 (151,0) (111,0) (120,0)	24,63	Die Proben 1 und 2 rissen innerhalb der Versuchslänge, die übrigen in der Einspannung.
107,2				Mittel	55	5,18	35,5	127,6		
59,0 86,0 (68,0) 85,0 (81,0)	21,29	Die Proben 3 und 5 rissen in der Einspannung.	IIIa	1 2 3 4 5	53 53 53 53 53	—	—	(100,0) (112,0) 101,0 (94,0) (115,0)	25,78	Die Probe 3 riß innerhalb der Versuchslänge, die übrigen in der Einspannung.
75,8				Mittel	53	4,05	38	104,4		
71,0 71,0 (67,0) 69,0 (79,0)	23,96	Die Proben 3 und 5 rissen in der Einspannung.	IVa	1 2 3 4 5	54 54 54 53 53	—	—	(91,0) (75,0) 73,0 [59,0] 76,0	26,71	Die Proben 3 und 5 rissen innerhalb der Versuchslänge. Die Bruchlast vom Versuch 4 ist vom Mittel ausgeschlossen, da sie anscheinend durch Einspannung beeinträchtigt ist.
71,4				Mittel	53,5	2,95	38	78,8		
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—				—	—	—	—	—		

dem Schluß berechtigen, daß es sich zur Erzielung einer möglichst vortheilhaften Materialausnutzung empfiehlt, möglichst feine Garne zum Seil zu verarbeiten und, wenn es gleichzeitig auf eine hohe Festigkeit der einzelnen Garne ankommt, möglichst mit dem Metergewicht, wenigstens bei russischen Garnen, nicht über 5 g hinauszugehen.

In wie weit diese Ergebnisse verallgemeinert, d. h. auch auf andere Hanfsorten übertragen werden können, würde durch weitere einschlägige Versuche zunächst festzustellen sein. Bei ihrer Ausführung dürfte man auf Grund der bereits besprochenen Ergebnisse den gleichzeitigen Einfluß des Drahtes und der Feinheit der Garne auf deren absolute Bruchfestigkeit und Reißlänge für jedes einzelne Material auf folgendem Wege gesetzmäßig am sichersten ermitteln können. —

Da es schwierig sein wird, Garne aus einem und demselben Material gefertigt mit verschiedenem Draht aus einer Seilerei zu beziehen, so wird man sich darauf beschränken müssen, Garne mit möglichst geringem Draht, aber in verschiedenen Feinheiten, sich zu beschaffen. Den einmal vorhandenen Draht durch Aufdrehen der Garne für den Versuch zu verringern, scheint nicht thunlich, da derartig aufgedrehte Garne, wie schon oben gesagt wurde, mit solchen nicht als gleichwerthig erachtet werden können, welche von vornherein nur einen

Tabelle 8. Einfluß des Drahtes und des

Versuchslänge =

A. Garne aus abgezogenem Smolensker-Malestowker-Hanf.

Nr. des Garnes	Art des Schlagens	Im Mittel: Drahtzahl	Im Mittel: Meter-Gewicht g	Dehnungen in Millimeter und Prozenten bei den übergeschriebenen Belastungen: Versuch Nr.		5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
2	Fest	51	5,93	1		6,2	11,5	17,3	21,7	25,2	28,3	31,2	34,0	36,7	39,2	41,9
				2		6,3	10,8	16,9	21,2	25,0	28,2	31,8	—	—	—	—
				3		5,5	9,4	15,3	19,8	23,3	26,7	29,8	32,8	—	—	—
				4		6,1	10,8	16,8	21,2	24,9	28,3	31,3	34,3	—	—	—
				5		4,9	8,7	14,3	18,7	22,8	25,8	28,9	31,8	—	—	—
				im Mittel	mm	5,8	10,2	16,1	20,5	24,2	27,5	30,6	(33,2)	(36,7)	(39,2)	(41,9)
					%	0,39	0,68	1,07	1,36	1,62	1,83	2,04	(2,22)	(2,45)	(2,61)	(2,80)
	Lose	40	6,15	1		5,2	8,6	13,3	16,8	19,8	22,2	24,9	26,7	28,9	30,8	33,0
				2		5,2	8,9	13,9	17,7	20,8	23,4	25,9	28,2	30,7	—	—
				3		4,8	8,2	13,1	16,8	19,7	22,2	24,7	26,9	29,1	31,3	—
				4		3,9	7,5	12,2	15,8	18,8	21,2	23,6	25,8	27,9	29,8	31,7
				5		4,7	8,3	13,2	16,7	19,8	22,3	24,9	27,2	29,6	32,8	—
				im Mittel	mm	4,8	8,3	13,1	16,8	19,8	22,3	24,8	27,0	29,2	(31,2)	(32,3)
					%	0,32	0,55	0,87	1,12	1,32	1,49	1,65	1,80	1,95	(2,07)	(2,15)
3	Fest	50	4,50	1		5,2	9,2	14,5	18,5	21,9	25,2	28,2	31,2	34,2	—	—
				2		5,9	10,9	16,7	21,0	24,5	27,7	30,4	32,3	36,2	39,5	—
				3		5,9	10,2	15,8	20,8	23,7	27,2	30,1	33,2	—	—	—
				4		4,8	8,7	13,7	17,8	21,3	24,9	27,8	30,8	34,3	—	—
				5		4,8	9,4	14,3	18,7	22,1	25,3	28,3	31,4	34,8	—	—
				im Mittel	mm	5,32	9,7	15,0	19,4	22,7	26,1	29,0	31,8	(34,9)	(39,5)	—
					%	0,35	0,65	1,00	1,29	1,51	1,74	1,93	2,13	(2,33)	(2,63)	—
	Lose	40	4,84	1		4,7	7,8	12,5	16,0	19,0	21,8	24,7	26,9	29,6	—	—
				2		4,8	7,9	—	15,8	18,8	21,3	23,9	26,2	28,6	—	—
				3		4,8	7,9	12,6	16,2	19,4	22,1	24,9	27,7	30,3	—	—
				4		5,2	9,4	14,2	17,8	20,8	23,8	26,3	29,2	—	—	—
				5		4,6	7,8	11,9	15,1	18,2	20,7	23,2	25,8	28,3	—	—
				im Mittel	mm	4,8	8,2	12,8	16,2	19,2	21,9	24,6	27,2	(29,2)	—	—
					%	0,32	0,55	0,85	1,08	1,28	1,46	1,64	1,81	(1,94)	—	—
4	Fest	54	3,91	1		4,2	7,3	12,6	16,8	20,4	23,9	27,8	—	—	—	—
				2		4,7	7,9	12,9	16,8	20,3	23,4	26,8	—	—	—	—
				3		4,8	8,2	13,2	16,8	20,3	23,7	26,4	29,2	32,7	—	—
				4		4,8	8,3	13,3	17,5	21,2	23,3	27,2	—	—	—	—
				5		4,2	7,1	11,9	15,8	19,1	22,2	25,5	29,1	—	—	—
				im Mittel	mm	4,5	8,6	12,8	16,7	20,3	23,3	26,7	(29,2)	(32,7)	—	—
					%	0,30	0,57	0,85	1,11	1,36	1,58	1,78	(1,94)	(2,17)	—	—
	Lose	40	3,74	1		4,9	8,2	13,2	16,9	20,8	24,0	—	—	—	—	—
				2		3,6	6,5	10,8	14,3	17,8	20,9	—	—	—	—	—
				3		4,3	7,9	12,1	15,8	18,9	21,4	24,2	27,3	—	—	—
				4		3,9	6,9	11,2	14,7	17,8	20,5	23,2	25,8	—	—	—
				5		4,1	7,8	11,7	15,2	18,3	21,5	24,8	—	—	—	—
				im Mittel	mm	4,2	7,5	11,8	15,4	18,7	21,7	(24,1)	26,6)	—	—	—
					%	0,26	0,47	0,74	1,02	1,17	1,35	(1,50)	(1,66)	—	—	—

Metergewichtes auf die Dehnung der Garne.

Meßlänge = 1,5 m.

B. Garne aus Prima-Manila-Hanf.

Nr. des Garnes	Art des Schlagens	Im Mittel: Drahtzahl	Im Mittel: Metergewicht g	Versuch Nr.		5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
2	Feſt	43	4,98	1		2,9	5,2	9,6	13,4	17,1	20,6	23,7	26,8	29,7	32,5	35,4
				2		2,2	4,3	8,2	11,9	15,3	18,9	22,1	25,1	28,2	31,2	—
				3		2,5	4,5	8,6	12,2	15,7	19,1	22,0	24,9	27,9	30,8	33,6
				4		2,9	5,2	9,5	13,3	16,9	20,2	23,4	26,8	29,7	32,6	—
				5		2,3	4,7	8,8	12,3	15,8	19,0	22,0	24,8	27,6	30,2	32,9
				im Mittel	mm	**2,6**	**4,4**	**8,9**	**12,6**	**16,2**	**19,6**	**22,6**	**25,7**	**28,6**	**31,5**	**(34,0)**
					%	**0,17**	**0,30**	**0,59**	**0,84**	**1,04**	**1,30**	**1,51**	**1,71**	**1,90**	**2,10**	**(2,26)**
	Loſe	35,5	5,18	1		3,1	5,2	9,4	13,0	16,1	19,4	—	—	—	—	—
				2		2,3	4,7	8,7	12,1	15,5	18,2	—	—	—	—	—
				3		2,4	4,2	8,2	11,3	14,4	17,4	19,9	22,2	24,8	27,0	29,4
				4		2,1	—	8,3	11,8	15,2	18,2	20,9	23,8	26,3	28,9	31,3
				5		2,4	4,3	8,3	11,9	14,9	17,8	20,5	23,3	25,6	28,0	30,5
				im Mittel	mm	**2,6**	**4,6**	**8,6**	**12,0**	**15,2**	**18,2**	**20,4**	**23,1**	**25,6**	**28,0**	**30,4**
					%	**0,17**	**0,30**	**0,57**	**0,80**	**1,01**	**1,21**	**1,36**	**1,54**	**1,71**	**1,87**	**2,03**
3	Feſt	44	3,56	1		2,3	5,1	10,2	15,2	19,4	23,2	—	—	—	—	—
				2		2,3	4,9	10,2	15,2	19,5	22,9	26,6	29,9	33,4	—	—
				3		2,6	6,1	11,0	15,9	20,3	24,6	28,9	—	—	—	—
				4		2,8	5,2	10,6	15,4	19,7	24,4	27,3	30,9	34,6	—	—
				5		3,2	6,2	11,8	16,2	20,3	24,2	27,7	31,2	34,6	—	—
				im Mittel	mm	**2,6**	**5,8**	**10,8**	**15,6**	**19,8**	**23,9**	**(27,6)**	**(30,7)**	**(34,2)**	—	—
					%	**0,17**	**0,38**	**0,71**	**1,03**	**1,30**	**1,58**	**(1,82)**	**(2,03)**	**(2,26)**	—	—
	Loſe	38	4,05	1		1,2	2,8	6,3	9,8	12,9	15,9	18,8	21,2	23,9	26,7	29,4
				2		1,2	3,2	7,1	10,8	14,1	17,2	20,2	22,8	25,3	28,2	30,7
				3		1,3	3,3	7,2	10,7	13,9	17,0	19,8	22,8	25,2	28,2	31,7
				4		2,7	4,9	8,9	12,2	15,3	18,5	21,4	24,2	26,9	29,4	—
				5		2,7	4,8	8,9	12,6	15,9	19,0	21,9	24,8	27,4	30,4	33,4
				im Mittel	mm	**1,8**	**3,8**	**7,7**	**11,2**	**14,4**	**17,5**	**20,4**	**23,2**	**25,7**	**28,6**	**31,3**
					%	**0,12**	**0,25**	**0,53**	**0,75**	**0,96**	**1,16**	**1,36**	**1,54**	**1,71**	**1,90**	**2,08**
4	Feſt	45	2,98	1		3,3	8,0	14,2	18,8	23,6	27,5	31,3	35,8	—	—	—
				2		3,0	6,3	12,2	17,2	21,5	25,4	29,3	33,5	—	—	—
				3		3,2	6,3	12,6	17,8	22,6	26,5	30,8	—	—	—	—
				4		3,9	7,8	13,8	18,6	22,6	26,7	30,6	—	—	—	—
				5		3,2	6,3	11,9	16,9	21,2	25,0	28,8	32,2	—	—	—
				im Mittel	mm	**3,5**	**6,9**	**12,9**	**17,9**	**22,3**	**26,2**	**30,2**	**(33,8)**	—	—	—
					%	**0,23**	**0,46**	**0,86**	**1,19**	**1,48**	**1,75**	**2,01**	**(2,25)**	—	—	—
	Loſe	38	2,95	1		2,2	4,7	8,8	12,7	16,2	19,5	22,8	25,7	28,7	31,7	—
				2		2,8	5,3	10,2	14,2	18,0	21,8	25,3	28,9	—	—	—
				3		3,0	5,4	10,2	14,6	18,4	22,1	25,7	29,4	—	—	—
				4		3,1	5,9	10,9	15,3	19,2	23,2	—	—	—	—	—
				5		3,0	5,6	10,4	14,3	18,0	21,3	24,8	27,9	—	—	—
				im Mittel	mm	**2,8**	**5,4**	**10,1**	**14,2**	**18,0**	**21,6**	**(24,7)**	**28,0)**	**(28,7)**	**(31,7)**	—
					%	**0,19**	**0,36**	**0,68**	**0,95**	**1,20**	**1,45**	**(1,66)**	**(1,87)**	**(1,92)**	**(2,12)**	—

geringen Draht erhielten. Dagegen dürfte es ohne Bedenken zulässig sein, die Garne nachträglich mit einem stärkeren Draht zu versehen und diese als den hartgesponnenen gleichwerthig anzusehen. Auf diese Weise würde es möglich sein, zuverlässiges Material zu erhalten, um an Garnen von verschiedener Feinheit den Einfluß des wechselnden Drahtes darzuthun. Freilich würden hierbei die dem Versuch unterworfenen Drahtzahlen nach unten durch den Anlieferungszustand der Garne begrenzt sein, jedoch ist dies zur Beurtheilung des Sachverhaltes, soweit er für die Seilerei in Frage kommt, aus folgenden Gründen ohne Belang.

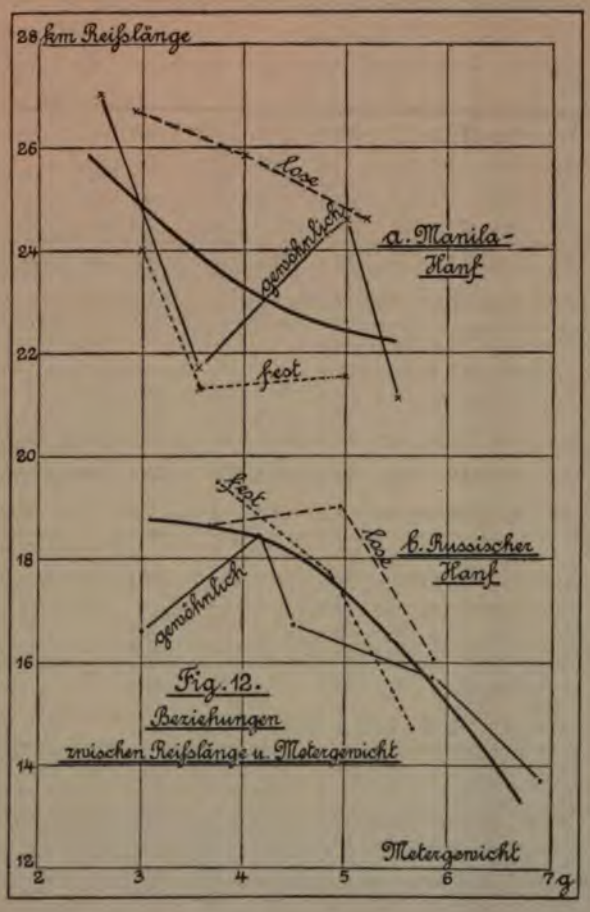


Fig. 12.
Beziehungen zwischen Reißlänge u. Metergewicht

Bezieht man möglichst schwach geschlagene Garne zu den Versuchen, so wird man mit der geringsten Drahtzahl immer unterhalb demjenigen Draht bleiben, welcher den Garnen für die Verarbeitung zu Seilen in Wirklichkeit gegeben wird. Ferner ist bereits dargethan, daß auch die in Wirklichkeit gebräuchliche Drahtzahl wohl unterhalb derjenigen liegt, bei der die größte Reißlänge erzielt wird. Die Versuche werden somit auch noch eine ganze Reihe von Punkten finden lassen, welche in dem aufsteigenden Ast der Schaulinie liegen. Somit wird es nicht schwierig sein, nach dem Verlauf des durch die Versuche festgelegten Theiles der Schaulinien diese mit großer und hinreichender Annäherung an die Wirklichkeit rückwärtig bis zum Draht gleich Null zu verlängern. Hierbei würde zu beachten sein, daß der Ausgangspunkt der Schaulinien nicht mit dem Nullpunkt des Koordinatensystems, d. h. mit dem gemeinsamen Nullpunkt für die Ordinaten der Reißlänge und des Drahtes zusammenfällt; denn auch die nicht zusammengedrehten Fasern setzen dem Auseinanderziehen des Bündels einen gewissen Widerstand in Folge der Reibung entgegen, sodaß auch dem losen Faserbündel eine gewisse Reißlänge innewohnt. Diese anfängliche Reißlänge dürfte aber nur verhältnißmäßig gering und für alle Garnnummern die gleiche sein, weil der Reibungswiderstand in gleichem Maße wie das Garngewicht mit der Menge der Fasern zunimmt. Hiernach und aus der Konvergenz der Schaulinien wird deren gemeinsamer Ausgangspunkt und somit auch der anfängliche Verlauf leicht gefunden werden können.

Die Verwendung von Garnen desselben Gespinnstes und die Steigerung des Drahtes an jeder einzelnen Probe hat aber zugleich auch noch einen wesentlichen Vorzug vor der Durchführung der gedachten Versuche mit solchen Garnen, die schon in der Seilerei mit

verschiedenem Draht gesponnen sind, nämlich den, daß alle zur Untersuchung gelangenden Garne für einen und denselben Draht, z. B. für den ungedrehten Zustand, gleiche Materialmengen für das laufende Meter enthalten. Wie ohne weiteres zu erwarten und auch bereits mit Fig. 5 dargethan ist, ändert sich mit dem Draht das Metergewicht des Garnes. An Garnen von verschiedenem Draht ist daher nicht mehr festzustellen, ob sie für irgend einen bestimmten Zustand gleiche Mengen an Material enthalten, falls man nicht für alle die einzelnen Garne die Beziehungen zwischen dem Draht und den Metergewichten bereits kennt. Aber auch wenn diese Beziehungen festgestellt sind, so wird es sich nur in den seltensten Fällen ergeben, daß die Garne thatsächlich aus gleichen Materialmengen gesponnen sind. Man würde demnach die Unterschiede in den absoluten Bruchfestigkeiten, welche an den verschieden fest gesponnenen Garnen beobachtet wurden, nicht allein auf den Einfluß wechselnden Drahtes zurückführen können, sondern müßte sie hierzu zunächst auf gleiche Materialmengen umrechnen.

Bei Prüfung der von Hand in verschiedenem Grade nachgedrehten Garne entfällt dieser Uebelstand, und man erhält in der Schaulinie, welche durch Auftragung einerseits der Drahtzahlen und andererseits der ermittelten Bruchlasten nach Maßgabe von Fig. 9 sich ergiebt, ohne weiteres das Gesetz, nach welchem der veränderte Draht die Bruchlast der aus gleichen Materialmengen gesponnenen Garne beeinflußt.

Hat man nun diese Beziehungen zwischen Draht und Bruchlast für mehrere, aus verschiedenen Materialmengen gesponnene Garne ermittelt und die zugehörigen Schaulinien in ein und dasselbe Koordinatensystem eingetragen, so kann man die Gesetze, nach welchen die versponnenen Materialmengen die Festigkeiten der Garne bei gleichem Draht beeinflussen, ermitteln, indem man in einem zweiten Koordinatensystem die Maße für die Materialmengen als Abscissen und diejenigen Werthe für die Bruchlasten als Ordinaten verzeichnet, welche aus der erstgenannten Schauliniengruppe für die Garne verschiedener Feinheit (Materialmenge) aber gleichen Drahtes sich ergeben.

Sind diese Gesetze für verschiedene Drahtzahlen und für verschiedene Hanfsorten zur Darstellung gebracht, so kann man aus den Längen derjenigen Ordinatenlinie, welche zu der irgend eine Materialmenge M darstellenden Abscisse gehört, bis zu den Schnittpunkten mit den einzelnen Schaulinien alle diejenigen Bruchlasten auffinden, welche ein aus der gewählten Materialmenge M gesponnenes Garn bei den verschiedenen Drahtzahlen besitzt. Führt man dies für mehrere Garnsorten durch und trägt man die erhaltenen Werthe wieder zu Schaulinien zusammen, so gelangt man aus der Lage der letzteren zu einander zu einem sicheren Vergleich hinsichtlich der Bruchfestigkeit von Garnen aus den verschiedenen Materialien bei gleichem Aufwand an Hanf.

Zu erwähnen bleibt noch, daß man als Maß für die aufgewendete Materialmenge diejenigen Metergewichte zu nehmen hat, welche sich bei einem und demselben Draht für die verschiedenen Garne ergeben, da man die Feinheitsnummer im ungesponnenen Zustande nicht mehr ermitteln kann. —

Will man nun weiter die Gesetze auffinden, nach denen die Ausnutzung des versponnenen Materiales im Garn, d. h. dessen Reißlänge, durch den Draht und gleichzeitig durch die mit dem letzteren veränderte Feinheit des Garnes beeinflußt wird, so hat man zunächst festzustellen, in welchem Zusammenhang die Aenderungen der Metergewichte mit denen des Drahtes stehen. Zu diesem Zweck hat man die Drahtzahlen wieder als Abscissen und die zugehörigen Metergewichte als Ordinaten aufzutragen. Unter Berücksichtigung des in Fig. 5 dargestellten Gesetzes stellen sich die Beziehungen zwischen Draht und Metergewicht als schwach gekrümmte

Linien dar, welche ihre konvexe Seite der Abscissenachse zuwenden. Errichtet man nun in den Beobachtungspunkten dieser Linien Senkrechte zur Bildfläche und bemißt man die Länge dieser Senkrechten nach den Reißlängen, welche für die jeweilig zusammengehörigen Drahtzahlen und Metergewichte sich ergaben, so erhält man in dem Verlauf der durch die Endpunkte dieser Senkrechten gelegten Fläche das Gesetz für den gleichzeitigen Einfluß der Feinheit und des Drahtes auf die Materialausnutzung in den Garnen. Die Spurlinien der Schnittflächen parallel zur Abscissenachse geben ferner den Einfluß des Drahtes bei gleichen Metergewichten, die Spurlinien der Schnittflächen parallel zur Ordinatenachse den Einfluß der Metergewichte bei gleichem Draht und schließlich die Spurlinien der Schnittflächen parallel zur Bildfläche die zusammengehörigen Werthe für Metergewicht und Draht, bei denen gleiche Reißlängen erzielt werden. —

Der Einfluß des stärkeren Drahtes auf die Dehnung der Garne äußert sich auch bei den besonders hergerichteten Garnen in gleicher Weise wie bei dem von Hand nachgedrehten Garn Nr. 6, nämlich darin, daß die Dehnung mit dem Draht zunimmt.

Die Versuche wurden zwecks Ersparniß an Zeit nur an den fest und lose geschlagenen Garnen angestellt. Die gewöhnlich geschlagenen blieben hierbei außer Acht. Die Ergebnisse der je fünf gleichartigen Versuche sind in Tab. 8 zusammengestellt und zwar sind die Einzelwerthe in Millimetern, die Mittelwerthe außerdem in Prozenten, bezogen auf die ursprüngliche Länge, angegeben. Zur besseren Uebersicht sind die Prozentzahlen in Fig. 13 außerdem noch als Schaulinien dargestellt.

Tabelle 9. **Verhältniß der Dehnung des lose gesponnenen Garnes zur Dehnung des fest gesponnenen Garnes, letztere gleich 100 gesetzt.**

Bezeichnung des Garnes		Art des Schlagens	Im Mittel		Dehnung in % bei den überschriebenen Belastungen											Im Mittel
			Drahtzahl	Meter-Gewicht g	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
Abgezogener Smolenesker-Malefowker-Hanf	2	Fest	51	5,93	0,39	0,68	1,07	1,36	1,62	1,83	2,04	(2,22)	(2,45)	(2,61)	(2,80)	81 %
		Lose	40	6,15	0,32	0,55	0,87	1,12	1,32	1,49	1,65	1,80	1,95	(2,07)	(2,15)	
		Lose in % : fest = 100	**79**	**104**	**82**	**81**	**81**	**82**	**81**	**81**	**81**	**(81)**	**(80)**	**(80)**	**(77)**	
	3	Fest	50	4,50	0,35	0,65	1,00	1,29	1,51	1,74	1,93	2,13	(2,33)	(2,63)	—	85 %
		Lose	40	4,84	0,32	0,55	0,85	1,08	1,28	1,46	1,64	1,81	(1,94)	—	—	
		Lose in % : fest = 100	**80**	**108**	**91**	**85**	**85**	**84**	**85**	**84**	**85**	**85**	**(83)**	—	—	
	4	Fest	54	3,91	0,30	0,57	0,85	1,11	1,36	1,58	1,78	(1,94)	(2,17)	—	—	87 %
		Lose	40	3,74	0,26	0,47	0,74	1,02	1,17	1,35	(1,50)	(1,66)	—	—	—	
		Lose in % : fest = 100	**74**	**96**	**87**	**83**	**87**	**92**	**86**	**85**	**(84)**	**(85)**	—	—	—	
Prima-Manila-Hanf	2	Fest	43	4,98	0,17	0,30	0,59	0,84	1,04	1,30	1,51	1,71	1,90	2,10	(2,26)	97 %
		Lose	35,5	5,18	0,17	0,30	0,57	0,80	1,01	1,21	(1,36)	(1,54)	(1,71)	(1,87)	(2,03)	
		Lose in % : fest = 100	**83**	**104**	**100**	**100**	**96**	**95**	**97**	**93**	**(90)**	**(90)**	**(90)**	**(92)**	**(90)**	
	3	Fest	44	3,56	0,17	0,38	0,71	1,03	1,30	1,58	(1,82)	(2,03)	(2,26)	—	—	72 %
		Lose	38	4,05	0,12	0,25	0,53	0,75	0,96	1,16	1,36	1,54	1,71	1,90	(2,08)	
		Lose in % : fest = 100	**86**	**114**	**71**	**66**	**75**	**73**	**74**	**73**	**(75)**	**(76)**	**(76)**	—	—	
	4	Fest	45	2,98	0,23	0,46	0,86	1,19	1,48	1,75	2,01	(2,25)	—	—	—	81 %
		Lose	38	2,95	0,19	0,36	0,68	0,95	1,20	1,45	(1,66)	(1,87)	(1,92)	(2,12)	—	
		Lose in % fest = 100	**84**	**99**	**83**	**78**	**79**	**80**	**81**	**83**	**(83)**	**(83)**	—	—	—	

Um ferner festzustellen, ob die Dehnungsunterschiede zwischen den lose und festgeschlagenen Garnen bis zum Bruch konstant bleiben oder nach einem bestimmten Gesetz sich ändern, sind schließlich auch noch die Verhältnißzahlen für die Mittelwerthe der beiden zusammen gehörigen Garne berechnet, wobei die Werthe für die festgeschlagenen Garne gleich 100 gesetzt wurden. Die erhaltenen Ergebnisse sind in Tab. 9 aufgeführt und zu den vorerwähnten Schaulinien in

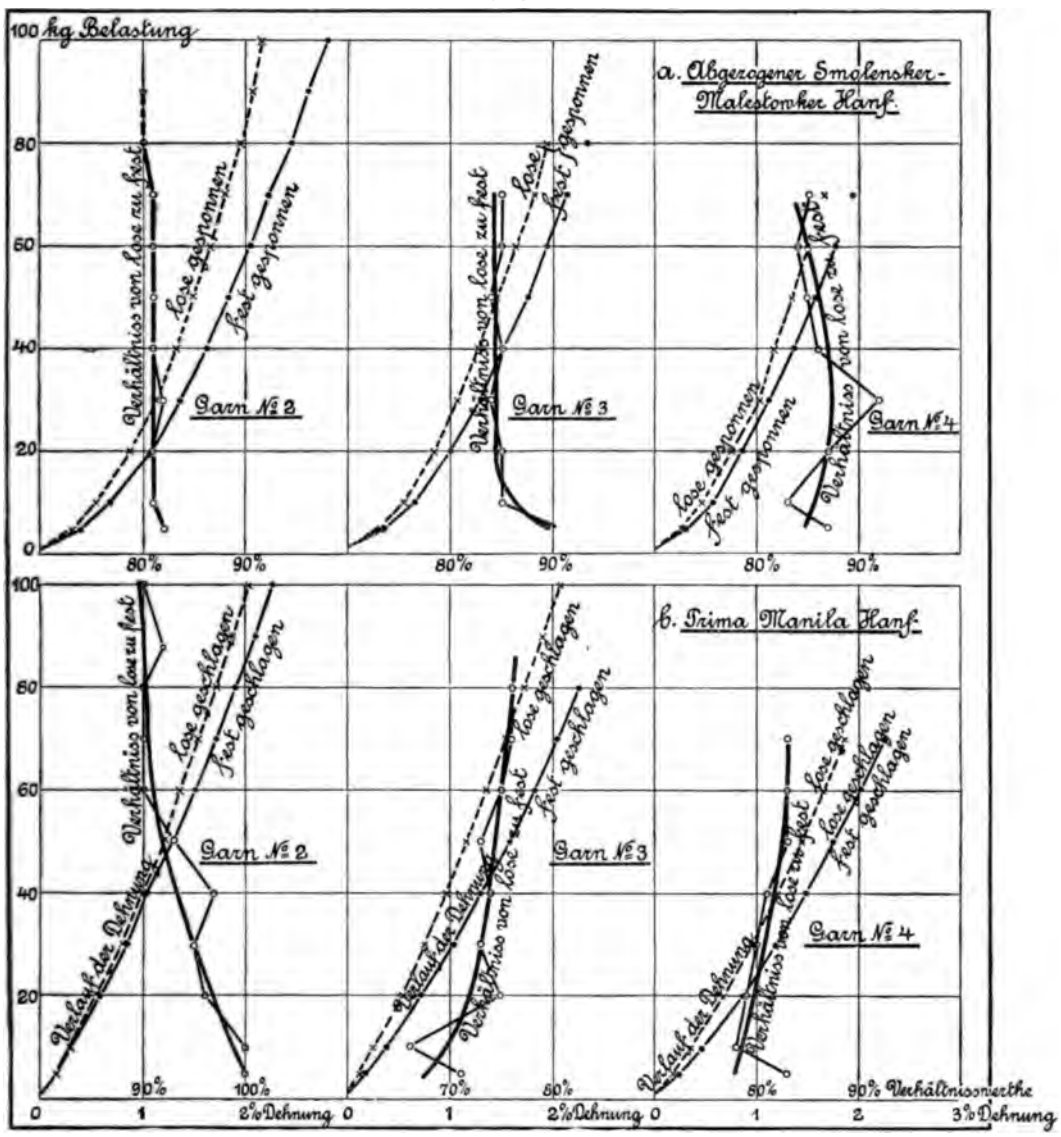


Fig. 13. Beziehungen zwischen den Dehnungen der lose und fest geschlagenen Garne.

Fig. 13 graphisch dargestellt. Aus dem Verlauf der zugehörigen, stark gezogenen Ausgleichslinien erkennt man, daß mit wachsender Belastung wesentliche Aenderungen hinsichtlich der in Rede stehenden Dehnungsunterschiede nicht eintreten. Im allgemeinen scheinen sie aber mit wachsender Belastung bei den dickeren Garnen zu und bei den dünneren abzunehmen. Eine Erklärung hierfür weiß ich nur darin zu finden, daß bei dickeren Garnen das Geradestrecken der äußeren Fasern durch die verhältnißmäßig größere Zusammenpressung des Kernes begünstigt wird.

Tabelle 10. **Eigenschaften der Garne verschiedenen**

Eigenschaft	Material	Eigenschaften der Garne												
		2,06	2,13	2,18	2,66	2,84	3,18	3,187	3,21	3,29	3,36	3,43	3,55	3,62
Bruchlast	russisch	—	—	28,0	48,9	49,0	—	—	—	54,8	43,2	60,3	56,3	—
	ungarisch	—	—	—	—	—	—	42,7	—	—	—	—	—	54,3
	italienisch	36,5	42,4	—	—	—	—	—	45,9	—	—	—	—	—
	badisch	—	—	—	—	—	39,8	—	—	—	—	—	—	—
Reißlänge	russisch	—	—	12,84	18,38	17,25	—	—	—	16,66	12,86	17,58	15,85	—
	ungarisch	—	—	—	—	—	—	13,39	—	—	—	—	—	15,02
	italienisch	17,72	19,91	—	—	—	—	—	14,39	—	—	—	—	—
	badisch	—	—	—	—	—	12,52	—	—	—	—	—	—	—
Draht	russisch	—	—	89	76	52	—	—	—	80	96	66	64	—
	ungarisch	—	—	—	—	—	—	69	—	—	—	—	—	48
	italienisch	50	59	—	—	—	—	—	63	—	—	—	—	—
	badisch	—	—	—	—	—	63	—	—	—	—	—	—	—
Aschengehalt	russisch	—	—	1,59	0,93	1,59	—	—	—	—	1,24	1,73	1,75	—
	ungarisch	—	—	—	—	—	—	3,02	—	—	—	—	—	2,20
	italienisch	1,2	1,55	—	—	—	—	—	1,15	—	—	—	—	—
	badisch	—	—	—	—	—	2,46	—	—	—	—	—	—	—

d) Einfluß des Materials auf die Festigkeit der Garne.

Nachdem im Vorstehenden die Einflüsse der Konstruktionsverhältnisse, d. h. des Drahtes und der Feinheit auf die Festigkeitseigenschaften der Garne dargelegt sind, mögen nunmehr die verschiedenen Garne, welche zu den Probeseilen eingereicht sind, unter Berücksichtigung jener Ergebnisse verglichen werden, um hiernach später zu ermessen, welchen Antheil das verschiedenartige Material an den Unterschieden in der Seilfestigkeit hat. Der beregte Vergleich ist dadurch außerordentlich erschwert, daß die verschiedenen Garne sowohl verschiedene Feinheit als auch verschiedenen Draht besitzen. Wie weit diese Unterschiede gehen, erkennt man am besten, wenn die Ergebnisse tabellarisch zusammengestellt werden, derart, daß alle vorkommenden Metergewichte in steigender oder fallender Reihe nebeneinander aufgeführt und darunter die Werthe für die Bruchlast, Reißlänge und den Draht gesetzt werden, welche für das betreffende Metergewicht an den einzelnen Garnen ermittelt wurden.

Aus der nach diesem Gesichtspunkt aufgestellten Tab. 10 ergiebt sich, daß mit nur zwei Ausnahmen sämmtliche Garne verschiedene Feinheit besitzen. Da ferner auch die Drahtzahlen außerordentlich schwanken und zwar zwischen 96 und 35 Windungen auf ein Meter, so war ein unmittelbarer Vergleich der verschiedenen Garne hinsichtlich ihrer Festigkeitseigenschaften von vornherein ausgeschlossen. Um ihn dennoch zu ermöglichen, mußte zunächst festgestellt werden, ob der Einfluß des Drahtes und des Gewichtes sich bei den verschiedenen Hanfsorten in gleicher Weise äußert, wie er bereits für den russischen Hanf ermittelt wurde. —

Der Versuch, den Einfluß des Drahtes graphisch zu ermitteln, scheiterte an der geringen Zahl der vorliegenden Proben. Hierdurch wird naturgemäß auch die Erkennung des Einflusses der Feinheit des Garnes beeinträchtigt, indessen scheint dieser Einfluß in seinen Grundzügen doch noch hervorzutreten, und ich glaube diese umsomehr hervorheben zu sollen, als sie ganz auffallender Art sind.

Wie aus den Ausgleichslinien Fig. 14 zu erkennen ist, äußert sich der beregte Einfluß in der Weise, daß die Meßlänge beim italienischen Hanf mit der Feinheit der Garne abnimmt, dagegen beim ungarischen und badischen Hanf mit wachsendem Metergewicht zunimmt.

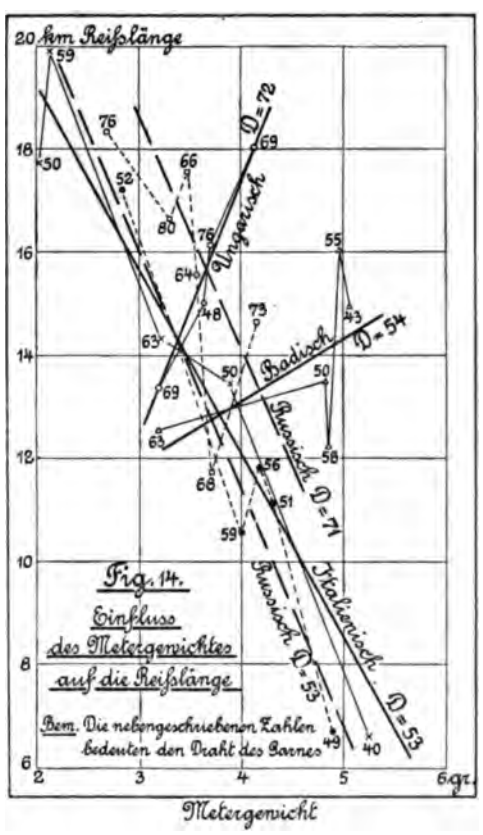
iales, geordnet nach ſteigenden Metergewichten.

n nachſtehenden Metergewichten

3,81	3,89	3,95	4,00	4,11	4,18	4,27	4,83	4,85	4,88	4,96	4,97	5,12	5,17	5,25	5,31
36,7	—	31,8	42,2	60,1	49,4	47,3	—	—	32,9	—	33,5	—	49,4	—	50,9
—	—	—	—	74,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	52,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	34,7	—
—	—	—	—	—	—	—	65,4	59,3	—	79,6	—	76,5	—	—	—
9,63	—	8,08	10,55	14,62	11,82	11,08	—	—	6,75	—	6,74	—	9,56	—	9,58
—	—	—	—	18,05	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	13,44	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6,61	—
—	—	—	—	—	—	—	13,54	12,22	—	16,05	—	14,94	—	—	—
47	—	35	59	73	56	51	—	—	49	—	38	—	—	—	35
—	—	—	—	69	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	40	—
—	—	—	—	—	—	—	50	58	—	55	—	43	—	—	—
2,03	—	2,03	2,18	1,63	—	2,0	—	—	1,70	—	2,4	—	1,98	—	1,71
—	—	—	—	2,06	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	1,40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,0	—
—	—	—	—	—	—	—	2,70	3,4	—	—	—	2,83	—	—	—

alieniſche Hanf verhält ſich demnach wie uſſiſche, während die beiden anderen gerade das entgegengeſetzte Verhalten

Daß hierbei die Unterſchiede im Draht eſentlichem Einfluß ſind, glaube ich nicht nen zu ſollen, weil ſie an ſich nur gering nd weil die unmittelbaren Verbinde- n zwiſchen je zwei der aufgetragenen für Garne mit demſelben Draht an- d die gleiche Richtung haben wie die ten Ausgleichslinien.



um beſſern Vergleich der Garne aus ſchem, badiſchem und italieniſchem Hanf nen aus ruſſiſchem Hanf ſind für die n in Fig. 14 zwei Schaulinien dargeſtellt. d dies die geſtrichelten Linien, von denen e für die mittlere Drahtzahl gleich 53, dere für die mittlere Drahtzahl gleich 71 d zwar entſprechend den mittleren Draht- der übrigen drei Garnſorten.

lus dem annähernd parallelen uf dieſer beiden Ausgleichslinien erkennt daß der Einfluß der wechſelnden dicke auf die Reißlänge in ſeinem neinen Verlauf durch Verſchiedenheiten im Draht nicht beeinträchtigt

Dagegen beſtätigt der Umſtand, daß die Ausgleichslinie für die Garne mit 71 em Draht höher liegt als diejenige für die Garne mit der mittleren Drahtzahl 53,

das schon oben erwähnte Gesetz, nach welchem die Reißlänge bei gleichem Metergewicht mit wachsendem Draht innerhalb gewisser Grenzen zunimmt.

Die Ausgleichslinien für die Garne aus russischem und italienischem Hanf mit der Drahtzahl 53 fallen annähernd zusammen. Hieraus wird man schließen können, daß beide Materialien in gleichartigen Gespinnsten gleiche Festigkeiten ergeben. Die Garne aus badischem und ungarischem Hanf kann man ihres verschiedenen Drahtes wegen unmittelbar miteinander nicht vergleichen; wohl aber geht aus der Stellung der Ausgleichslinien in Fig. 14 zu einander hervor, daß der badische und ungarische Hanf dem italienischen und russischen Hanf in feineren Garnen an Festigkeit nachsteht, in stärkeren Garnen dagegen überlegen ist. In Garnen von etwa 3,7 g Metergewicht scheinen alle vier Hanfsorten gleiche Festigkeiten aufzuweisen. —

3. Prüfung der Seile.

Das Endziel der Untersuchung ist, festzustellen, welchen Einfluß die Seilkonstruktion auf die Festigkeitseigenschaften der Seile ausübt.

Bevor jedoch in den allgemeinen Vergleich der an den Seilen beobachteten und in Tab. 11 (S. 136—159) zusammengestellten Werthe nach dieser Richtung eingetreten werden kann, bleibt mit Rücksicht auf die außerordentliche Verschiedenartigkeit der Versuchsseile zunächst festzustellen, in welchem Grade die Festigkeitseigenschaften der Seile ferner noch beeinflußt werden:

a) durch das Verfahren der Seilfertigung, d. h. dadurch, ob das Seil angeschoren oder ausgetrieben, von Hand oder mechanisch hergestellt ist u. s. w. und

b) durch die Art des verarbeiteten Materiales.

Sofern nicht Seile aus gleichem Rohmaterial vorliegen, sind die genannten Einflüsse gleichzeitig zu berücksichtigen. Man wird daher nach solchen Vergleichszahlen zu suchen haben, welche möglichst immer nur die Größe eines dieser Einflüsse erkennen lassen. Hierzu möge zunächst allgemein untersucht werden, welcher Art die verschiedenen Einflüsse sind und in welcher Weise sie sich äußern.

Wie eingangs bereits hervorgehoben wurde, wird, gleiches Material vorausgesetzt, dessen gesammte Ausnutzung im Seil am zuverlässigsten nach der Reißlänge des Seiles beurtheilt, d. h. die Materialausnutzung ist um so besser, je größer die Reißlänge des Seiles ist.

Um ein Maß für die Größe der Materialausnutzung zu gewinnen, müßten die Festigkeitseigenschaften (Reißlänge) der verarbeiteten Hanffasern ermittelt werden und zwar für alle zu den vorliegenden Seilen verarbeiteten Hanfproben. Da nämlich die Unterschiede in den Eigenschaften der verschiedenen Hanfsorten nicht allein abhängig sind von den Wachsthumsverhältnissen der Hanfstauden, sondern auch von der Behandlung der Stauden bei Gewinnung des Hanfes, so lassen sich allgemein gültige Festigkeitskoeffizienten nicht einmal für den Hanf gleicher Provenienz aufstellen.

Von der Ausführung dieser umfangreichen Untersuchungen habe ich geglaubt aus folgenden Gründen Abstand nehmen zu sollen.

Die aus den Untersuchungen der Hanffasern abzuleitenden Ergebnisse liefern in dem Verhältniß der Reißlänge der Fasern zur Reißlänge des Seiles Werthe für die gesammte Materialausnutzung in den Seilen. Diese ist nun abhängig zunächst schon von dem Einfluß des Garnens und erst in zweiter Linie von dem Einfluß des Seilens. Im vorliegenden Fall handelt es sich aber darum, den letzteren für sich kennen zu lernen. Um

dies zu können, hat man den ersteren auszuscheiden, und dies ist nur möglich, wenn man als Ausgangspunkt für die Betrachtungen nicht die Eigenschaften des Hanfes, sondern diejenigen der zu den Seilen verarbeiteten Garne nimmt. Mit anderen Worten, es gilt festzustellen, in welchem Grade die in dem Garn bereits vorliegende Materialausnutzung durch das verschiedenartige Seilen beeinflußt wird.

Das Maß für diesen gesammten Einfluß des Seilens ist allein in dem Verhältniß der Reißlängen der Seile zu denen der rohen Garne, d. h. der Garne vor deren Vereinigung zum Seil gegeben. Hat man z. B. zwei Seile beliebiger Art, von denen das eine mit 8 km Reißlänge aus Garnen von 10 kg Reißlänge und das andere mit 10 km Reißlänge aus Garnen von 15 km Reißlänge gefertigt ist, so sind die ursprünglichen Reißlängen der Garne im Seil von 10 auf 8 und von 15 auf 10 zurückgegangen. Die Festigkeitseigenschaften der Garne sind also durch den Einfluß des Seilens nur bis zu 80 und 66,6 % ausgenutzt und bis zur Verhältnißzahl 100 ist der Einfluß des Seilens ein nachtheiliger; steigt die Verhältnißzahl über 100, so ist er ein günstiger. Die Unterschiede in den Eigenschaften der Garne sind auf die Vergleichsfähigkeit dieser Verhältnißzahlen ohne Einfluß und man kann somit nach dem gedachten Verfahren nicht nur Seile aus verschiedenen Garnsorten, sondern auch solche aus verschiedenem Rohmaterial auf den Gesammteinfluß des Seilens hin mit einander vergleichen.

Der gesammte Einfluß des Seilens ist nun im Einzelnen wieder bedingt durch folgende drei Umstände: Durch das Verfahren der Seilfertigung, durch die Härte des Schlages und durch die Seilkonstruktion, oder wenn man deren Wirkung ins Auge faßt, durch den Zustand und durch die Lage der Garne im Seil.

Der Zustand der Garne im Seil ist besonders durch das Verfahren der Seilfertigung beeinflußt. Wie die angestellten Erhebungen ergaben, sind sämmtliche Seile nach dem wohl am meisten gebräuchlichen Verfahren gefertigt, bei dem die Seile in dem gleichen Sinne zusammengedreht werden wie die Garne, während die Zwischenstufe der Fabrikation, die Litzen, entgegengesetzte Drehung erhalten. Bei dieser Art der Herstellung verlieren nun bekanntlich durch das Zusammendrehen der Garne zur Litze die Garne, und beim Vereinigen der Litzen zum Seil die Litzen einen Theil ihres ursprünglichen Drahtes, falls ihnen nicht bei der Vereinigung noch ein Nachdrall gegeben wird. Man kann daher nicht ohne weiteres annehmen, daß das Garn seine ursprünglichen Eigenschaften auch im fertigen Seil noch besitzt. Vielmehr wird man durch Prüfung von Garnen, die aus den Seilen ausgelöst sind, festzustellen haben, welche Eigenschaften die Garne nach der Verarbeitung zum Seil besitzen. Das Verhältniß der hierbei erhaltenen Werthe zu denen des zugehörigen rohen Garnes giebt dann ein Maß für den Einfluß des Verfahrens der Seilfertigung auf den Zustand der Garne im Seil.

Um diesen bei der Beurtheilung des Einflusses der Lage der Garne im Seil auszuscheiden, hat man ferner die Festigkeitseigenschaften der Seile nicht mehr mit den Eigenschaften der rohen Garne, sondern mit denen der aus den Seilen ausgelösten Garne in Vergleich zu stellen.

Im Einzelnen ist nun die Lage der Garne im Seil von den folgenden Umständen abhängig:

1. Das Verfahren der Seilfertigung beeinflußt neben dem Zustand der Garne deren Anordnung in den Litzen insofern, als beim Anscheeren die in ihrer ganzen Länge ausgespannten Garne mehr oder weniger wirr durcheinander hängen und diesen wirren Zustand

Tabelle 11. Ergebniſſe der Unter-

Laufende Nr.	Seil Nr.	Nr. des Fragebogens	Angaben zum Hanf			Angaben zum Garn				Angaben zu der				
										Konſtruktion			Durchmeſſer der Litzen	Drah
			Urſprung oder Marke	Art der Zubereitung	Aſchengehalt %	Garn Nr.	Art des Geſpinnſtes und Zuſtand	Richtung des Drahtes	Mittlere Anzahl der Windungen auf 1 m	Bezeichnung der Garnlagen	Anzahl der Garne in der Lage	Richtung des Drahtes	mm	Anzahl der Windungen auf 1 m
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	1	I	Ungariſcher Bácska	rein abgezogen	3,02	1a	von Hand geſponnen	rechts	70	Deck Kern Geſammt	34 12 46	links "	14,0	20,4
2	2									die einzelnen Lagen ſind nicht zu erkennen Geſammt	51	links	14,0	20,6
3	3					1b	desgl. **im Garn getheert** mit ſchwed. Theer		61	Deck Kern Geſammt	19 26 45	links "	15,0	18,6
4	4	II	Italiener	roh abgezogen	0,92	2	von Hand geſponnen	links	39	Deck Kern Geſammt	6 1 7	rechts —	7,5	43,5
5	5									Deck Kern Geſammt	12 6 18	rechts "	12,0	24,0
6	6		Ruſſiſcher	roh abgezogen	2,39	4	desgl.	links	38	Deck Kern Geſammt	12 6 18	rechts "	12,5	22,5
7	7		Italiener	roh abgezogen	0,96	5	desgl.	links	40	Deck 2. Lage Kern Geſammt	16 12 5 33	rechts " "	16,2	15,0
8	15	IV	Italiener P. C.	abgeſpitzt	1,17	8	desgl.	—	—	— Geſammt	— 23	—	—	—
9	16	V	Badiſcher Schweißhanf, ungeſtampft	abgezogen ohne Einlage	2,88	9	desgl.	rechts	58	Deck Kern Geſammt	13 6 19	links "	11,5	28,3
10	17	VI	Ruſſiſcher OSMRH	gehechelt	1,59	10a	desgl. $^1/_2$ kg = 120 m **im Garn getheert**	rechts	62	die einzelnen Lagen ſind nicht zu erkennen Geſammt	90	links	23,7	9,1
11	18					10b	desgl. $^1/_2$ kg = 120 m **im Seil getheert**	rechts	59	Deck 2. Lage 3. Lage Kern Geſammt	32 22 16 10 80	links " " "	22,5	8,8
12	19					11a	desgl. **im Garn getheert**	rechts	45	Deck Kern Geſammt	20 12 32	links "	13,5	16,5

Suchungen mit den Rundschlag-Seilen.

Litzen der Deckgarne		Angaben zum Seil											
			Konstruktion			Draht der Litzen im Seil						Seildurchmesser	
Länge einer Windung mm	Steigungswinkel in Graden	Herstellungsweise	Anzahl der Litzen	Gesammtzahl der Garne	Durchmesser der Seele mm	Richtung	Länge von 50 Windungen mm	Mittlere Anzahl der Duchten auf 1 m	Mittlere Anzahl der Drehungen einer Litze auf 1 m	Mittlere Ganghöhe der äußeren Litzen mm	Mittlerer Steigungswinkel in Graden	Angeblich mm	Ermittelt mm
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
50,0	41° 0′	angeschoren	3	138	—	rechts	1178,0 1184,0 1174,0 **1179**	42,5	14,2	70	53° 54′	26	29
50,0	41° 20′	durch Buchsen ausgetrieben mit Pferdebetrieb	3	153	—	rechts	1083,5 1089,0 1090,0 **1088**	46	15,3	65	54° 7′	26	29
53,8	41° 25′	angeschoren	3	135	—	rechts	1147,0 1147,5 1141,0 **1145,2**	43,5	14,5	69	54° 50′	26	29
23,0	45° 35′	geschlagen	4	28	3,0	links	668,0 670,0 671,0 **670**	75	18,8	53	45° 34′	16	17
41,7	42° 20′	geschlagen	4	72	3,0	links	1080,5 1095,0 1088,0 **1088**	46	11,5	87	44° 40′	26	27
44,5	41° 15′	geschlagen	4	72	3,0	links	1144,0 1146,0 1153,0 **1148**	43,5	10,9	92	41° 35′	26	26
66,6	37° 25′	geschlagen	4	132	4,5	links	1440,0 1469,5 1436,0 **1449**	34,5	8,6	116	46° 11′	36	35
—	—	geschlagen	4	92	—	rechts	—	53,5	13,4	75	48° 35′	26	27
35,3	45° 30′	ausgetrieben mit Dampfkraft	4	76	8,5	rechts	949,0 949,0 946,0 **948**	53	13,3	75	48° 45′	26	26
110,0	34° 5′	desgl.	3	270	—	rechts	836,5 836,0 833,0 **835**	24	8,0	125	50° 46′	47	46
113,7	32° 0′	desgl.	3	240	—	rechts	1010,0 1009,0 **1009,5**	25	8,3	120	49° 43′	44	43
60,6	34° 45′	desgl.	3	96	—	rechts	1376,0 1371,0 1380,0 **1376**	36,5	12,2	82	45° 12′	26	25

Bemerkungen: Die in Spalte 45 in liegender Schrift angegebenen Seilgewichte

Laufende Nr.	Seil Nr.	Zweck der Verwendung des Seiles	Ergebnisse der Zugversuche mit den Seilen: Luftfeuchtigkeit bei der Prüfung %	Versuchslänge mm	Bruchbelastung P_1 kg	Reißlänge R_1 km	Mittlerer Arbeitsmodul: Gesammt für 1 m Seil mkg	Mittlerer Arbeitsmodul: der Zerreißung mkg/g	Anzahl der gerissenen: Litzen	Anzahl der gerissenen: Garne	Lage des Bruches
		30	31	32	33	34	35	36	37		38
1	1	Lastseil	62 62 62	1500 1530	3400 3500 **3450**	5340 5490 **5415**	284	0,45	2 1	32 12	im freien Seil " " "
2	2	Transmission oder Lastseil	62 62 62	1430 1480	4700 4550 **4625**	7290 7050 **7170**	257	0,40	1 1	— —	im freien Seil " " "
3	3	Lastseil	55 55 55	1500 1500	2600 2750 **2675**	3470 3670 **3570**	193	0,26	1 1	— 41	im freien Seil " " "
4	4	Lastseil	60 47 54	2260 2050	1850 1320 **1585**	8410 6000 **7205**	83	0,38	3 1	— —	im freien Seil " " "
5	5	Lastseil	54 54 54	1420 1480	3300 3300 **3300**	7140 7140 **7140**	202	0,44	1 1	2 —	im freien Seil " " "
6	6	Lastseil	52 47 50	1440 1540	2900 2700 **2800**	6740 6280 **6510**	112	0,26	1 2	— —	im freien Seil " " "
7	7	Lastseil	68 68 68	1530 1600	5100 5050 **5075**	4090 4050 **4070**	185	—	1 1	44 49	im freien Seil " " "
8	15	Lastseil	62 60 61	1480 1540	4250 4400 **4325**	8000 8290 **8145**	206	0,39	1 2	18 —	im freien Seil " " "
9	16	Lastseil	60 60 60	1460 1460	3550 3850 **3700**	6290 6830 **6560**	243	0,43	2 2	— —	im freien Seil an der Einspannung
10	17	Lastseil	57 75 66	1460 1470	13700 13800 **13750**	8530 8590 **8560**	363	0,23	1 1	— —	im freien Seil " " "
11	18	Lastseil	76 75 76	1560 1500	11500 12200 **11850**	8300 8800 **8550**	319	0,23	1 1	— —	im freien Seil " " "
12	19	Lastseil	60 58 59	1470 1450	4650 4700 **4675**	10310 10420 **10365**	112	0,25	1 1	— —	im freien Seil " " "

fund an den Zerreißproben ermittelt und zur Berechnung der Reißlängen benutzt.

Längen (gemessen an demselben Stück)			Gewichte für 1 m				Festigkeitseigenschaften der Garne		Verhältnißzahlen				
				ermittelt an den aus einem 500 mm langen Seilabschnitt entfallenen Stücken								Länge des Seiles zur Länge der	
des Seiles	der Litzen	der Deck-Garne	Garn	Litze	Seele	Seil	Bruchlast	Reißlänge R_1	Aus der mittleren Garnfestigkeit berechnete Seilfestigkeit P_2	Reißlänge des Seiles zu der des Garnes: $R_1/R_2 \cdot 100$	Ermittelte Seilfestigkeit zur berechneten: $P_1/P_2 \cdot 100$	Litze	Garne
mm	mm	mm	g	g	g	g	kg	km	kg	%	%	%	%
39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
500	634 642 **638**	753 756 **755**	3,187	155 154 **154,5**	—	590 *637*	42,7	13,39	5893	40,4	58	128	145
500	641 644 **643**	765 765 **765**	3,187	170 166 **168**	—	644 *645*	42,7	13,39	6533	53,5	71	129	132
500	628 633 **631**	747 739 **743**	3,76	197 196 **196,5**	—	742 *750*	42,1	11,20	5684	32,1	47	126	148
500	595 597 **596**	706 703 **705**	4,68	42 44 **43**	6	218 *220*	27,0	5,77	756	125	210	119	163
500	601 606 **604**	707 708 **708**	4,68	100 102 **101**	10	506 *462*	27,0	5,77	1940	124	172	121	134
500	592 590 **591**	687 678 **683**	4,965	100 98 **99**	12	490 *430*	33,5	6,74	2412	96,5	116	118	117
500	600 595 **598**	681 682 **682**	5,247	188 188 **188**	16	902 *1247*	34,7	6,61	4580	61,5	111	120	(178)
—	—	—	—	—	—	*531*	—	—	—	—	—	—	—
500	618 624 **621**	713 718 **716**	4,853	100 103 **101,5**	62	560 *564*	59,3	12,22	4507	53,6	82	124	136
500	620 625 **623**	688 695 **692**	3,895	424 430 **427**	—	1596 *1607*	52,0	13,35	14040	64,1	98	125	153
500	604 606 **605**	674 669 **672**	(4,12)	376 386 **381**	—	1386 *1386*	54,9	(13,30)	13176	(64,3)	90	121	140
500	574 578 **576**	649 654 **652**	3,682	131 125 **128**	—	440 *451*	53,5	14,53	5136	71,4	91	115	127

Laufende Nr.	Seil Nr.	Nr. des Fragebogens	Angaben zum Hanf: Urſprung oder Marke	Art der Zubereitung	Aſchengehalt %	Angaben zum Garn: Garn Nr.	Art des Geſpinnſtes und Zuſtand	Richtung des Drahtes	Mittlere Anzahl der Windungen auf 1 m	Angaben zu den Konſtruktion: Bezeichnung der Garnlagen	Anzahl der Garne in der Lage	Richtung des Drahtes	Durchmeſſer der Litzen mm	Draht: Anzahl der Windungen auf 1 m
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
13	20	VI	Ruſſiſcher OSMRH	gehechelt	1,59	11a	von Hand geſponnen **im Garn getheert**	rechts	45	Deck Kern Geſammt	14 4 18	links	10,4	24,8
14	21									Deck Kern Geſammt	12 2 14	links	9,2	29,2
15	22					13	von Hand geſponnen 0,5 kg = 220 m	rechts	89	Deck Kern Geſammt	7 2 9	links	6,7	36,5
16	23									Deck Kern Geſammt	6 1 7	links	6,4	42,9
17	24		Italiener	gehechelt	1,15	12	von Hand geſponnen 0,5 kg = 150 m	rechts	63	Deck Kern Geſammt	9 1 10	links	6,9	36,4
18	25									in einer Lage ohne Kern Geſammt	8	links	6,2	39,4
19	26	VII	Badiſcher Schleißhanf, halbgeſtampft	rein abgezogen	2,70	14	von Hand	rechts	50	Deck 2. Lage Kern Geſammt	15 7 1 23	links	11,2	24,8
20	28	VIII	Badiſcher Schleißhanf	abgezogen	2,83	15	desgl.	rechts	43	Deck 2. Lage Kern Geſammt	14 6 1 21	links	12,0	24,8
21	29	IX	(Ruſſiſcher) Königsberger Reinhanf	rein abgezogen	1,73	16	desgl.	links	66	Deck Kern Geſammt	14 18 32	rechts	12,9	21,9
22	30									Deck 2. Lage Kern Geſammt	15 10 3 28	rechts	12,3	25,3
23	31									Deck Kern Geſammt	14 10 24	rechts	11,2	26,6
24	33	X	Ruſſiſcher Reinhanf	gut abgeſpitzt	—	17	desgl.	rechts	—	Deck 2. Lage Kern Geſammt	18 7 3 28	rechts	12,3	21,3

Litzen der Deckgarne		Angaben zum Seil											
			Konstruktion			Draht der Litzen im Seil						Seildurchmesser	
Länge einer Windung mm	Steigungswinkel in Graden	Herstellungsweise	Anzahl der Litzen	Gesammtzahl der Garne	Durchmesser der Seele mm	Richtung	Länge von 50 Windungen mm	Mittlere Anzahl der Touren auf 1 m	Mittlere Anzahl der Drehungen einer Litze auf 1 m	Mittlere Ganghöhe der äußeren Faser mm	Mittlerer Steigungswinkel in Graden	Angeblich mm	Ermittelt mm
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
40,3	38° 50′	ausgetrieben mit Dampfkraft	3	54	—	rechts	1125,0 1129,5 1135,0 **1130,0**	44,5	14,8	67,5	42° 40′	19	19
34,2	40° 20′	ausgetrieben mit Dampfkraft	3	42	—	rechts	998,0 1010,0 1022,0 **1010,0**	49,5	16,5	60,5	41° 44′	17	17
27,4	37° 30′	ausgetrieben mit Handbetrieb	3	9 9 8 Σ = 26	—	rechts	636,5 642,0 634,0 **637,5**	78,5	26,2	38,0	44° 30′	11	11
23,3	40° 40′	ausgetrieben mit Handbetrieb	3	21	—	rechts	543,0 535,5 535,0 **538,0**	92,8	30,9	32,4	45° 50′	10	10
27,5	38° —	ausgetrieben mit Dampfkraft	3	30	—	rechts	734,0 728,0 739,0 **734,0**	68	22,7	44,0	42° 57′	14	13
25,4	37° 30′	ausgetrieben mit Dampfkraft	3	24	—	rechts	664,0 655,0 654,0 **658,0**	76	25,3	39,5	43° 32′	12	11
40,3	41° —	ausgetrieben	4	92	5,5	rechts	886,0 886,5 888,0 **887,0**	56,3	14,1	71	50° 16′	26	27
40,3	42° 55′	ausgetrieben mit Handbetrieb	4	84	7,5	rechts	874,5 873,0 861,5 **869,3**	57,6	14,4	69	52° 20′	26	27
45,7	41° 35′	angeschoren	4	128	—	links	1051,0 1051,5 1050,0 **1051,0**	47,6	11,9	84	49° 7′	30	29
39,5	44° 15′	angeschoren	4	27 27 28 28 Σ = 110	—	links	936,0 932,5 938,0 **936,0**	53,3	13,3	75	49° 5′	27	27
37,6	42° 55′	angeschoren	4	96	—	links	850,5 847,5 845,0 **848,0**	59	14,8	67,5	50° 12′	24	24
47,0	39° 20′	ausgetrieben mit Pferdebetrieb	3	84	—	rechts	440,0 437,5 443,5 **440,0**	45,5	15,2	66,0	49° 26′	23,5	23

Laufende Nr	Seil Nr.	Zweck der Verwendung des Seiles	Luftfeuchtigkeit bei der Prüfung %	Versuchs-Länge mm	Bruchbelastung P_1 kg	Reißlänge R_1 km	Arbeit Gesammt für 1 m Seil mkg	Arbeit der Zerreißung mkg/g	Litzen	Garne	[illegible]
		30	31	32	33	34	35	36	37		38
13	20	Lastseil	60 60 60	2200 2200	2850 2800 **2825**	11090 10890 **10990**	69	0,27	1 2	— —	im freien Seil am Ende der Einspannung
14	21	Lastseil	63 58 61	2140 2120	2150 2200 **2175**	10640 10890 **10765**	59	0,29	1 1	— —	im freien Seil " " "
15	22	Lastseil	57 57 57	1640 1600	1180 1220 **1200**	12420 12840 **12630**	34	0,36	1 2	— —	im freien Seil " " "
16	23	Lastseil	55 55 55	1600 1640	1040 1000 **1020**	12840 12350 **12595**	24	0,30	1 2	— —	im freien Seil " " "
17	24	Lastseil	55 55 55	1520 1530	1330 1560 **1445**	11080 13000 **12040**	33	0,28	1 1	— —	im freien Seil " " "
18	25	Lastseil	57 57 57	1570 1600	1180 1240 **1210**	12550 13190 **12870**	34	0,36	2 2	— 3	im freien Seil " " "
19	26	Lastseil	59 59 59	1420 1490	5450 5500 **5475**	9400 9480 **9440**	304	0,52	1 2	— —	im freien Seil in der Einspannun
20	28	Lastseil	59 59 59	1460 1460	4350 4400 **4375**	6930 7010 **6970**	212	0,34	2 2	— —	im freien Seil " " "
21	29	Lastseil	55 53 54	1450 1530	3800 3550 **3675**	6080 5680 **5880**	200	0,32	1 1	40 59	im freien Se " " "
22	30	Lastseil	53 55 54	1520 1620	3300 3500 **3400**	6100 6470 **6285**	181	0,33	1 2	8 42	im freien " "
23	31	Lastseil	55 55 55	1500 1480	2700 2400 **2550**	5870 5220 **5545**	142	0,31	1 —	— —	im freien —
24	33	Lastseil	58 60 59	1420 1410	4750 5300 **5025**	12120 13520 **12820**	332	0,85	3 2	— —	in der E an der E

Längen (gemessen an demselben Stück)			Gewichte für 1 m				Festigkeitseigenschaften der Garne		Verhältnißzahlen				
				ermittelt an den aus einem 500 mm langen Seilabschnitt entfallenen Stücken								Länge des Seiles zur Länge der	
des Seiles	der Litzen	der Deck-Garne	Garn	Litze	Seele	Seil	Bruchlast	Reißlänge R_2	Aus der mittleren Garnfestigkeit berechnete Seilfestigkeit P_2	Reißlänge des Seiles zu der des Garnes: $R_1/R_2 \cdot 100$	Ermittelte Seilfestigkeit zur berechneten: $P_1/P_2 \cdot 100$	Litze	Garne
mm	mm	mm	g	g	g	g	kg	km	kg	%	%	%	%
39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
500	570 570 **570**	625 643 **634**	3,68	74 72 **73**	—	250 *257*	53,5	14,53	2889	75,4	98	114	129
500	572 569 **571**	648 647 **648**	3,68	56 58 **57**	—	194 *202*	53,5	14,53	2227	74,0	97	114	131
500	563 568 **566**	618 628 **623**	2,18	28 30 **29**	—	96 *95*	28,0	12,84	728	98,4	165	113	168
500	573 576 **575**	636 628 **632**	2,18	24 26 **25**	—	82 *81*	28,0	12,84	578	98,0	173	115	177
500	564 558 **561**	628 624 **626**	3,21	34 39 **37**	—	120 *120*	45,9	14,39	1377	83,8	105	112	124
500	551 556 **554**	634 622 **628**	3,21	27 29 **28**	—	92 *94*	45,9	14,39	1102	89,5	110	111	122
500	627 625 **626**	726 735 **731**	4,83	105 106 **106**	36	568 *580*	65,4	13,54	6017	69,7	91	125	122
500	624 616 **620**	723 733 **728**	5,12	111 118 **115**	48	616 *628*	76,5	14,94	6426	46,6	68	124	135
500	614 621 **618**	734 728 **731**	3,43	124 121 **123**	—	606 *625*	60,3	17,58	7718	33,2	48	124	142
500	624 631 **628**	741 725 **733**	3,43	107 108 **108**	—	532 *541*	60,3	17,58	6633	35,7	51	126	143
500	612 618 **615**	714 721 **718**	3,43	90 91 **91**	—	438 *460*	60,3	17,58	5789	31,5	44	123	140
500	596 590 **593**	691 689 **690**	—	109 110 **110**	—	388 *392*	—	—	—	—	—	119	—

Laufende Nr.	Teil Nr.	Nr. des Fragebogens	Angaben zum Hanf: Urſprung oder Marke	Art der Zubereitung	Aſchengehalt %	Angaben zum Garn: Garn Nr.	Art des Geſpinnſtes und Zuſtand	Richtung des Drahtes	Mittlere Anzahl der Windungen auf 1 m	Angaben zu den Konſtruktion: Bezeichnung der Garnlagen	Angabl der Garne in der Lage	Richtung des Drahtes	Durchmeſſer der Litzen mm	Draht: Anzahl der Windungen auf 1 m
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
25	34	X	Ruſſiſcher	eingeklärt	—	18	von Hand geſponnen	rechts	—	Deck Kern Geſammt	14 5 19	links	12,0	20,4
26	35	XI	Badiſcher Schleißhanf	abgezogen	2,13	19	desgl.	rechts	55	Deck Kern Geſammt	13 10 23	links	10,8	31,0
27	36									Deck Kern Geſammt	12 5 17	links	10,5	29,3
28	37	XII	Ruſſiſcher	rein abgezogen	1,97	20	desgl.	links	51	Deck Kern Geſammt	11 6 17	rechts	11,0	31,4
29	38									Deck Kern Geſammt	8 2 10	rechts	9,0	46,3
30	39	XIII	Karatſchew OSFPRH (Ruſſiſcher)	rein abgezogen	1,83	21	desgl.	rechts	56	Deck Kern Geſammt	24 9 33	links	15,8	13,7
31	40	XIV	Büchower (Ruſſiſcher)	rein abgezogen	1,71	22	desgl.	rechts	80	Deck Kern Geſammt	15 12 27	links	12,6	20,9
32	42	XV	Cordaggio (Italiener)	rein abgezogen	1,37	23	desgl.	rechts	50	Deck Kern Geſammt	16 10 26	links	11,2	28,0
33	44	XVII	Ruſſiſcher	ausgeſpitzt	—	Garnproben wurden nicht geliefert	mit Maſchine geſponnen im Garn getheert	rechts	—	Deck 2. Lage Kern Geſammt	24 10 6 40	links	17,2	15,0
34	45									Deck Kern Geſammt	20 8 28	links	13,4	15,3
35	46									Deck Kern Geſammt	14 4 18	links	11,5	22,2
36	47									Deck 2. Lage 3. Lage Kern Geſammt	40 25 14 9 88	links	25,5	9,5

en		Angaben zum Seil											
Deckgarne			Konstruktion			Draht der Litzen im Seil						Seildurchmesser	
Windung m	Steigungswinkel in Graden	Herstellungsweise	Anzahl der Litzen	Gesammtzahl der Garne	Durchmesser der Seele mm	Richtung	Länge von 50 Windungen mm	Mittlere Anzahl der Duchten auf 1 m	Mittlere Anzahl der Drehungen einer Litze auf 1 m	Mittlere Ganghöhe der äußeren Faser mm	Mittlerer Steigungswinkel in Graden	Angeblich mm	Ermittelt mm
6	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
),0	37° 30′	ausgetrieben mit Pferdebetrieb	3	57	—	rechts	1098,5 1113,0 1129,0 **1113,0**	44,8	14,9	67,0	52° 20′	26	23
',3	46° 30′	ausgetrieben	4	92	4,0	rechts	930,5 934,0 939,0 **934,5**	53,5	13,4	74,5	46° 50′	25	24
,1	44° 5′	ausgetrieben	4	68	3,5	rechts	905,0 899,5 894,0 **900,0**	55,6	13,9	72,0	45° 10′	22	22
,8	47° 20′	angeschoren	4	68	4,5 (4 Garne)	links	1009,0 1003,5 1005,0 **1006,0**	49,7	12,4	80,5	44° 40′	26	24
,5	52° 30′	angeschoren	4	40	4,0 (4 Garne)	links	736,0 732,5 725,0 **731,0**	68,3	17,1	58,5	46° 26′	19	19
,0	34° 10′	ausgetrieben mit Pferdebetrieb	3	33 34 33 100	—	rechts	1294,0 1303,0 1315,5 **1304,0**	38,3	12,8	78,0	49° 57′	26	28
7,8	39° 30′	angeschoren	4	108	—	rechts	887,5 886,0 886,5 **887,0**	56,3	14,1	71,0	51° 24′	26	28
,7	44° 30′	ausgetrieben mit Pferdebetrieb	4	104	5,0	rechts	403,5 407,0 405,5 **405,0**	49,4	12,4	80,5	46° 30′	26	28
,7	39° —	ausgetrieben mit Dampfkraft	4	160	9,0	rechts	1252,0 1252,0 1254,0 **1253,0**	40,0	10,0	100,0	51° 20′	37	38
,4	32° 40′	desgl.	4	28 28 27 27 110	6,5	rechts	1091,0 1075,0 1069,0 **1078,0**	46,4	11,6	86,0	50° 6′	31	31
5,0	38° 40′	desgl.	4	72	5,5	rechts	896,0 896,0 894,0 **895,0**	56	14,0	71,0	51° 14′	24	25
05,3	37° 10′	desgl.	3	264	—	rechts	2017,0 2015,0 1992,0 **2008,0**	25	8,3	120,5	53° 28′	49	48

Laufende Nr.	Seil Nr.	Zweck der Verwendung des Seiles	Ergebniſſe der Zugverſuche mit den Seilen								
			Luftfeuchtigkeit bei der Prüfung	Verſuchs-Länge	Bruch-belaſtung P_1	Reißlänge R_1	Mittlerer Arbeits-modul: Geſammt für 1 m Seil	Mittlerer Arbeits-modul: der Zerreißung	Anzahl der geriſſenen: Litzen	Anzahl der geriſſenen: Garne	Lage des Bruches
			%	mm	kg	km	mkg	$\frac{mkg}{g}$			
		30	31	32	33	34	35	36	37		38
25	34	Laſtſeil	55	1510	3700	9810	189	0,50	1	—	im freien Seil
26	35	Laſtſeil	55	1440	4300	8740	176	0,36	1	—	im freien Seil
			58	1440	4850	9860			1	—	" " "
			57		**4575**	**9300**					
27	36	Laſtſeil	58	1460	3600	9520	212	0,56	1	—	in der Einſpannung
			58	1460	4200	11110			1	—	im freien Seil
			58		**(3900)**	**(10315)**					
28	37	Laſtſeil	52	1470	2950	7340	136	0,34	2	—	im freien Seil
			52	1490	3050	7590			2	5	" " "
			52		**3000**	**7465**					
29	38	Laſtſeil	62	1850	1950	7040	104	0,38	2	—	im freien Seil
			62	2170	1875	6770			3	7	" " "
			62		**1913**	**6905**					
30	39	Transmiſſions-ſeil	52	1550	5550	10340	162	0,30	1	—	im freien Seil
			52	1500	5500	10240			1	—	" " "
			52		**5525**	**10290**					
31	40	Laſtſeil	57	1470	3900	6890	222	0,39	1	25	im freien Seil
			57	1470	3750	6630			2	10	" " "
			57		**3825**	**6760**					
32	42	Laſtſeil	52	1460	3450	6190	200	0,36	1	—	im freien Seil
			52	1470	3650	6550			2	—	" " "
			52		**3550**	**6370**					
33	44	Schiffstau	65	1490	11000	8840	413	0,33	2	—	im freien Seil
			65	1500	11300	9080			2	—	" " "
			65		**11150**	**8960**					
34	45	Schiffstau	65	1470	8500	10440	298	0,37	2	—	im freien Seil
			65	1460	8700	10690			2	—	" " "
			65		**8600**	**10565**					
35	46	Schiffstau	52	1440	5700	9840	209	0,36	2	—	im freien Seil
			52	1440	5700	9840			3	—	" " "
			52		**5700**	**9840**					
36	47	Schiffstau	70	1480	13600	7090	[illegible]	0,28	1	—	im freien Seil
			70	1470	14900				1	—	" " "
			70		**14**						

Längen (gemessen an demselben Stück)			Gewichte für 1 m				Festigkeitseigenschaften der Garne		Aus der mittleren Garnfestigkeit berechnete Seilfestigkeit P_2	Verhältnißzahlen			
				ermittelt an den aus einem 500 mm langen Seilabschnitt entfallenen Stücken									
des Seiles	der Litzen	der Deck-Garne	Garn	Litze	Seele	Seil	Bruchlast	Reißlänge R_2		Reißlänge des Seiles zu der des Garnes: $R_1/R_2 \cdot 100$	Ermittelte Seilfestigkeit zur berechneten: $P_1/P_2 \cdot 100$	Länge des Seiles zur Länge der	
												Litze	Garne
mm	mm	mm	g	g	g	g	kg	km	kg	%	%	%	%
39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
500	600 604 **602**	695 683 **689**	—	103 101 **102**	—	378 *377*	—	—	—	—	—	120	—
500	609 616 **613**	754 721 **738**	4,96	105 99 **102**	18	520 *492*	79,6	16,05	7323	58,0	62	123	104
500	566 568 **567**	686 676 **681**	4,96	80 81 **81**	8	368 *378*	79,6	16,05	5413	64,5	72	113	110
500	594 597 **596**	724 732 **728**	4,27	86 91 **89**	16	444 *402*	47,3	11,08	3216	67,3	93	119	133
500	597 595 **596**	704 709 **707**	4,27	57 54 **56**	16	278 *277*	47,3	11,08	1892	62,3	101	119	153
500	611 596 **604**	674 668 **671**	4,18	146 153 **150**	—	536 *537*	49,4	11,82	4940	86,5	112	121	128
500	630 630 **630**	708 716 **712**	3,29	103 111 **107**	—	542 *566*	54,8	16,66	5918	40,5	65	126	159
500	584 586 **585**	721 728 **725**	3,89	108 106 **107**	18	524 *557*	52,3	13,44	5439	47,4	65	117	133
500	644 643 **644**	721 729 **725**	—	233 232 **233**	82	1270 *1245*	—	—	—	—	—	129	—
500	612 616 **614**	691 686 **689**	—	152 151 **152**	42	804 *814*	—	—	—	—	—	123	—
500	601 602 **602**	686 691 **689**	—	98 100 **99**	26	512 *579*	—	—	—	—	—	120	—
500	636 636 **636**	727 733 **730**	—	504 504 **504**	—	1924 *1919*	—	—	—	—	—	127	—

Laufende Nr.	Seil Nr.	Nr. des Fragebogens	Angaben zum Hanf			Angaben zum Garn				Angaben zu den				
										Konſtruktion			Durchmeſſer der Litzen	Draht
			Urſprung oder Marke	Art der Zubereitung	Aſchengehalt %	Garn Nr.	Art des Geſpinſtes und Zuſtand	Richtung des Drahtes	Mittlere Anzahl der Windungen auf 1 m	Bezeichnung der Garnlagen	Anzahl der Garne in der Lage	Richtung des Drahtes	mm	Anzahl der Windungen auf 1 m
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
37	48	XVII	Ruſſiſcher	ausgeſpitzt	—	Garnproben wurden nicht geliefert	mit Maſchine geſponnen **im Garn getheert**	rechts	—	Deck Kern Geſammt	19 9 28	links	14,0	16,1
38	49									Deck Kern Geſammt	12 2 14	links	11,2	27,7
39	50									Deck Kern Geſammt	10 1 11	links	9,5	32,3
40	51		Manila	ausgeſpitzt	—		mit Maſchine geſponnen **Binnengarn etwas gefettet**	rechts	—	Deck 2. Lage Kern Geſammt	36 25 6 67	links	20,1	9,0
41	52									Deck Kern Geſammt	40 58 98	links	24,8	8,0
42	53		Ruſſiſcher	ausgeſpitzt	—		mit Maſchine geſponnen	rechts	—	Deck Kern Geſammt	34 35 69	links	19,0	10,0
43	54									Deck Kern Geſammt	21 13 34	links	13,0	14,3
44	55									Deck Kern Geſammt	45 58 103	links	24,7	8,0
45	56									Deck 2. Lage Kern Geſammt	25 12 5 42	links	16,4	12,9
46	58	XIX	Königsberger Reinhanf	rein abgezogen	1,24	26	von Hand geſponnen	links	96	Deck Kern Geſammt	13 9 22	rechts	10,5	28,0
47	59	XX	Polniſcher Lagen-Hanf	rein abgezogen	1,85	27	desgl.	links	54	Deck Kern Geſammt	14 7 21	rechts	12,4	25,8
48	60	XXI	ff. langer kleingedockt. Königsberg. Reinha						73	Deck 2. Lage Kern Geſammt	12 7 1 20	links rechts	12,4	22,6

Litzen der Deckgarne		Angaben zum Seil											
			Konstruktion			Draht der Litzen im Seil						Seildurchmesser	
Länge einer Windung mm	Steigungswinkel in Graden	Herstellungsweise	Anzahl der Litzen	Gesammtzahl der Garne	Durchmesser der Seele mm	Richtung	Länge von 50 Windungen mm	Mittlere Anzahl der Drähte auf 1 m	Mittlere Anzahl der Drehungen einer Litze auf 1 m	Mittlere Ganghöhe der äußeren Faser mm	Mittlerer Steigungswinkel in Graden	Angeblich mm	Ermittelt mm
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
62,1	35° 20′	ausgetrieben mit Dampfkraft	3	28 28 29 Σ=85	—	rechts	1123,5 1124,0 1127,5 **1125,0**	44,5	14,8	68,0	52° 39′	26	27
36,1	44° 10′	desgl.	3	42	—	rechts	861,0 868,0 873,5 **868,0**	57,6	19,2	52,0	51° 20′	18	20
31,0	44° 5′	desgl.	3	33	—	rechts	817,0 811,0 803,5 **811,0**	61,7	20,6	48,5	51° 44′	16	17
111,1	29° 30′	desgl.	3	67 67 68 202	—	rechts	942,0 935,5 920,0 **933,0**	26,8	8,9	112,5	49° 14′	38	39
125,0	32° —	desgl.	3	294	—	rechts	1070,0 1064,0 1057,5 **1064,0**	23,5	7,8	128,0	50° 50′	48	48
100,0	30° 45′	desgl.	4	68 68 69 69 Σ=274	8,5	rechts	1484,0 1481,0 1471,0 **1479,0**	33,8	8,5	118,0	51° 10′	45	44
69,9	30° 20′	desgl.	4	33 33 34 34 Σ=134	6,0	rechts	1091,5 1102,5 1113,0 **1102,0**	45,3	11,3	88,5	48° 14′	29	31
125,0	31° 50′	desgl.	3	309	—	rechts	977,5 975,5 967,0 **973,0**	25,7	8,6	116,0	53° 4′	45	46
77,5	33° 40′	desgl.	3	43 43 42 Σ=128	—	rechts	1332,0 1322,5 1323,0 **1326,0**	37,7	12,5	80,0	50° 30′	28	29
35,7	42° 50′	angeschoren	4	88	—	links	827,5 827,5 824,0 **826,0**	60,5	15,1	66,5	50° 30′	25	25
38,8	45° —	angeschoren und geschlagen	4	84	—	links	1012,0 1005,0 1000,0 **1006,0**	49,7	12,4	80,5	47° 36′	26	27
44,2	41° 30′	ausgetrieben mit Pferdebetrieb	4	80	4,5	rechts	361,0	55,3	13,8	72,5	49° 24′	26	26

Laufende Nr.	Seil Nr.	Zweck der Verwendung des Seiles	Ergebnisse der Zugversuche mit den Seilen								
			Luftfeuchtigkeit bei der Prüfung	Versuchs-Länge	Bruchbelastung P_1	Reißlänge R_1	Mittlerer Arbeitsmodul: Gesammt für 1 m Seil	Mittlerer Arbeitsmodul: der Zerreißung	Anzahl der gerissenen: Litzen	Anzahl der gerissenen: Garne	Lage des Bruches
			%	mm	kg	km	mkg	mkg / g			
		30	31	32	33	34	35	36	37		38
49	61	Lastseil	55 55 50 53	1510 1490 1370	5100 5200 4450 **4917**	9360 9540 8170 **9023**	153	0,28	2 1 1	— — —	im freien Seil „ „ „
50	62	Lastseil	60 60 60	1510 1500	2500 2400 **2450**	5590 5370 **5480**	161	0,36	1 1	— 25	im freien Seil „ „ „
51	63	Lastseil	55	1450	2400	4230	209	0,37	1	—	an der Einspannung
52	64	Lastseil	62	1480	3400	4960	196	0,29	2	21	im freien Seil
53	65	Lastseil	57	1430	4000	5970	229	0,34	2	—	im freien Seil
54	68	Lastseil	52 51 52	1470 1440	4800 4350 **4575**	10170 9220 **9695**	172	0,36	2 2	— —	im freien Seil „ „ „
55	69	Nicht angegeben	56 56 56	1440 1420	6350 6100 **6225**	12210 11730 **11970**	312	0,60	3 2	9 —	im freien Seil „ „ „
56	70	desgl.	56 56 56	1400 1420	5600 5800 **5700**	10670 11050 **10860**	253	0,48	2 2	— 1	im freien Seil „ „ „
57	71	Lastseil	60 58 59	1530 1560	480 560 **520**	6320 7370 **6850**	29	0,38	1 2	— —	im freien Seil „ „ „
58	72	Lastseil	60 60 60	1390 1910	1960 2050 **2010**	6950 7270 **7160**	131	0,47	1 1	— —	in der Einspannung im freien Seil
59	73	Lastseil	55 60 58	1410 1410	4250 4200 **4225**	7870 7780	252	0,47	2 2	— —	im freien Seil „ „ „
60	74	Lastseil	55 55					8	1 2	— —	im freien Seil „ „ „

Längen (gemessen an demselben Stück)			Gewichte für 1 m				Festigkeitseigenschaften der Garne		Aus der mittleren Garnfestigkeit berechnete Seilfestigkeit P_2	Verhältnißzahlen			
				ermittelt an den aus einem 500 mm langen Seilabschnitt entfallenen Stücken									
des Seiles	der Litzen	der Deck-Garne	Garn	Litze	Seele	Seil	Bruchlast	Reißlänge R_2		Reißlänge des Seiles zu der des Garnes: $R_1/R_2 \cdot 100$	Ermittelte Seilfestigkeit zur berechneten: $P_1/P_2 \cdot 100$	Länge des Seiles zur Länge der	
												Litze	Garne
mm	mm	mm	g	g	g	g	kg	km	kg	%	%	%	%
39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
400	481 483	539 544	4,11	106 97	20	535 *545*	74,2	18,05	6975	50,0	71	121	136
	482	**542**		**102**									
500	622 613	752 740	4,00	87 90	—	436 *447*	42,2	10,55	3376	51,8	73	124	139
	618	**746**		**89**									
500	640 632	729 732	2,53	95 92	32	508 *567*	26,3	10,40	3156	40,7	76	127	176
	636	**731**		**94**									
500	625 626	741 754	3,18	130 131	38	676 *686*	39,8	12,52	4736	39,6	72	125	171
	626	**748**		**131**									
500	614 615	711 721	3,55	122 125	46	650 *670*	56,3	15,85	6531	37,6	61	123	151
	615	**716**		**124**									
500	582 583	697 699	3,62	95 96	20	464 *472*	54,3	15,02	5430	64,5	84	117	125
	583	**698**		**96**									
500	595 591	667 668	3,81	99 102	16	488 *520*	36,7	9,63	3523	124,2	176	119	142
	593	**668**		**101**									
500	591 594	651 654	3,95	98 99	16	492 *525*	31,8	8,08	3053	134,5	186	119	138
	593	**653**		**99**									
500	594 595	711 713	—	15 14	—	74 *76*	—	—	—	—	—	119	—
	595	**712**		**15**									
500	595 602	705 710	4,88	55 58	—	272 *282*	32,9	6,75	1316	106,1	153	120	144
	599	**708**		**57**									
500	600 602	725 717	4,88	97 96	26	518 *540*	32,9	6,75	2369	116,0	178	120	146
	601	**721**		**97**									
500	608 607	724 712	4,88	133 138	32	702 *718*	32,9	6,75	3290	124,8	184	122	141
	608	**718**		**136**									

Laufende Nr.	Seil Nr.	Nr. des Fragebogens	Angaben zum Hanf			Angaben zum Garn				Angaben zu den				
										Konstruktion				Drahtl
			Ursprung oder Marke	Art der Zubereitung	Aschengehalt %	Garn Nr.	Art des Gespinnstes und Zustand	Richtung des Drahtes	Mittlere Anzahl der Windungen auf 1 m	Bezeichnung der Garnlagen	Anzahl der Garne in der Lage	Richtung des Drahtes	Durchmesser der Litzen mm	Anzahl der Windungen auf 1 m
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
61	75	XXVII	Königsberger Reinhanf	abgezogen	1,70	39	von Hand gesponnen	rechts	49	Deck Kern Gesammt	18 10 28	links	15,9	17,6
62	76									Deck Kern Gesammt	22 16 38	links	17,5	15,4
63	77	XVIII	Königsberger Reinhanf	roh **mit Harzpulver bestäubt**	1,71	40	desgl.	links	35	Deck Kern Gesammt	16 9 25	rechts	13,9	13,1
64	78	XXIX	Russischer Reinhanf	abgespitzt	1,98	41	desgl. **beim Schlagen der Litze geharzt**	rechts	—	Deck Kern Gesammt	20 10 30	links	15,6	16,6
65	79						desgl. **ohne Harz**			Deck Kern Gesammt	22 8 30	links	14,2	16,8
66	80	XXXII	Turbschewker Lagenhanf	abgespitzt	—	—	—	rechts	—	Deck Kern Gesammt	15 4 19	links	10,8	37,9
67	81			eingeklärt						Deck Kern Gesammt	14 4 18	links	10,8	36,8

auch in der fertigen Litze besitzen, während die Garne in den Litzen ausgetriebener Seile in konzentrischen Lagen angeordnet sind, gleichwie die Drähte bei Drahtseilen. Mit dieser verschiedenartigen Anordnung der Garne in den Litzen ist nun eine mehr oder weniger gleichmäßige Anspannung der einzelnen Garne verbunden, welche einerseits die Ausnutzung der Festigkeit der einzelnen Garne bedingt und andererseits das Metergewicht, also auch die Reißlänge der Seile, dadurch beeinträchtigt, daß die verschiedenartig gelagerten und angespannten Garne verschiedene Eigenlängen und Eigengewichte in gleichen Seillängen besitzen.

2. Die Härte des Schlages beeinflußt zunächst die absolute Seilfestigkeit insofern, als mit ihrem Wechsel auch der Druck sich ändert, den die einzelnen Garne auf einander ausüben und der die Uebertragung der Belastung von Faser zu Faser ermöglicht, also auch die Größe dieser Belastung bedingt.

Ferner [illegible] Schlaghärte die Vertheilung der Belastung auf die einzelnen zur Litze vereinig[illegible] deren gesammte Tragfähigkeit abhängig, in gleicher Weise wie es [illegible] in verschieden stark oder fest gedrehten Garnen erörtert wu[illegible]

Litzen der Deckgarne		Angaben zum Seil											
			Konstruktion			Draht der Litzen im Seil						Seildurchmesser	
Länge einer Windung mm	Steigungswinkel in Graden	Herstellungsweise	Anzahl der Litzen	Gesammtzahl der Garne	Durchmesser der Seele mm	Richtung	Länge von 50 Windungen mm	Mittlere Anzahl der Drähte auf 1 m	Mittlere Anzahl der Drehungen einer Litze auf 1 m	Mittlere Ganghöhe der äußeren Litzen mm	Mittlerer Steigungswinkel in Graden	Angenommen mm	Ermittelt mm
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
56,8	41° 20′	ausgetrieben mit Pferdebetrieb	4	112	7,0	rechts	1190,0 1184,5 1182,0 **1186,0**	42,2	10,6	94,5	49° 45′	35	34
64,9	40° 20′	desgl.	4	152	8,0	rechts	1320,0 1326,0 1327,0 **1324,0**	37,8	9,5	105,0	50° 20′	40	39
76,3	29° 40′	angeschoren u. mittelst Lochbrettes geschlagen	3	75	—	links	732,0 732,0 746,0 **737,0**	34,0	8,5	118,0	51° 47′	24	26
60,2	39° 10′	ausgetrieben mit Pferdebetrieb	3	90	—	rechts	1267,0 1258,5 1255,0 **1261,0**	39,7	13,2	76,0	49° 30′	25	28
59,5	36° 50′	desgl.	3	90	—	rechts	1189,0 1177,0 1177,0 **1181,0**	42,3	14,1	71,0	51° 5′	25	27
26,4	52° 10′	ausgetrieben mit Dampfkraft	4	76	6,0	rechts	1011,5 1004,0 1009,0 **1008,0**	49,6	12,4	80,5	45° 30′	26	26
27,2	51° 20′	desgl.	4	72	6,0	rechts	903,5 899,5 900,1 **901,0**	55,5	13,9	72,0	48° 10′	26	26

Im Hinblick auf diese beiden Gesichtspunkte wird man durch gesteigerte Schlaghärte bis zu einem gewissen Grade eine Förderung der Festigkeit des Seiles erwarten können. Dagegen wirkt die größere Schlaghärte auf die Reißlänge des Seiles in der Beziehung immer nachtheilig ein, daß sie das Gewicht für die Längeneinheit des Seiles vermehrt. Die Garne gehen in der Litze und diese im Seil in eine stärkere Neigung zur Seilachse über, haben also für gleiche Seillängen größere Eigenlänge und somit größeres Gesammtgewicht als bei geringerer Schlaghärte.

3. Der Einfluß der Konstruktion äußert sich darin, daß in Folge verschiedenartiger Anordnung der einzelnen Garne im Seil sowohl die Gefahr der ungleichmäßigen Anspannung der einzelnen Glieder des Seiles als auch das Eigengewicht der Garne bei gleichen Seillängen sich ändert. —

Wie hiernach dargethan ist, so bestehen die genannten Einflüsse in übereinstimmender Weise darin, daß die Anordnung der einzelnen Garne in den Litzen und in den Seilen sich ändert und daß hiermit die nicht zu vermeidenden Ungleichmäßigkeiten in der Anspannung der einzelnen Garne sowie der Materialaufwand für gleiche Seillängen wechseln.

Längen (gemessen an demselben Stück)			Gewichte für 1 m				Festigkeitseigenschaften der Garne			Verhältnißzahlen			
				ermittelt an den aus einem 500 mm langen Seilabschnitt entfallenen Stücken									
des Seiles mm	der Litzen mm	der Deck-Garne mm	Garn g	Litze g	Seele g	Seil g	Bruchlast kg	Reißlänge R_z km	Aus der mittleren Garnfestigkeit berechnete Seilfestigkeit P_z kg	Reißlänge des Seiles zu der des Garnes: $R_s/R_z \cdot 100$ %	Ermittelte Seilfestigkeit zur berechneten: $P_s/P_z \cdot 100$ %	Länge des Seiles zur Länge der Litze %	Länge des Seiles zur Länge der Garne %
39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
500	617 612	713 714	4,88	161 160	38	826 *860*	32,9	6,75	3685	117,0	184	123	152
	615	**714**		**161**									
500	636 640	759 746	4,88	214 214	70	1156 *1157*	32,9	6,75	5000	110,3	172	128	148
	638	**753**		**214**									
500	586 597	644 633	5,31	125 114	—	418 *437*	50,9	9,58	3818	123,0	135	118	110
	592	**639**		**120**									
500	605 608	686 668	5,17	131 135	—	486 *504*	49,4	9,56	4446	130,7	142	121	108
	607	**677**		**133**									
500	614 604	686 684	5,17	131 126	—	474 *496*	49,4	9,56	4446	131,2	140	122	106
	609	**685**		**129**									
500	594 586	775 755	—	98 99	28	498 *504*	—	—	—	—	—	118	—
	590	**765**		**99**									
500	618 613	790	—	94 96	30	492 *507*	—	—	—	—	—	123	—
	616	**790**		**95**									

a) Gesammteinfluß des Seilens.

Als Maß für den Gesammteinfluß des Seilens auf die Ausnutzung der in den rohen Garnen gegebenen Materialeigenschaften wurde im vorigen Abschnitt das Verhältniß der Reißlängen der Seile zu den Reißlängen der rohen Garne bezeichnet. Aus diesen in Tab. 11, Spalte 49 aufgeführten Werthen erkennt man, daß das Seilen die Ausnutzung des Materiales, wenige Proben ausgenommen, meist ungünstig beeinflußt, denn nur einzelne Seile weisen Verhältnißzahlen von über 100 % auf. Die geringste Ausnutzung beträgt sogar nur 31,5 % (Seil 31).

Um nun zunächst festzustellen, ob die Reißlängen der Seile an sich in gesetzmäßiger Weise durch die Ausnutzung der Festigkeit der Garne beeinflußt werden, sind in Fig. 15 [illegible]liche Verhältnißzahlen als Ordinaten und die Reißlängen der zugehörigen Seile als aufgetragen. Bei der geradlinigen Verbindung der erhaltenen Punkte wurde dann [illegible]sicht genommen, daß immer nur diejenigen Punkte zu einer und derselben Schau- wurden, welche Seilen von gleichem Fertigungsverfahren angehören.

Aus dem Verlauf der erhaltenen Linienzüge erkennt man, daß die Reißlänge der Seile im allgemeinen mit der Ausnutzung der Festigkeit der rohen Garne zunimmt.

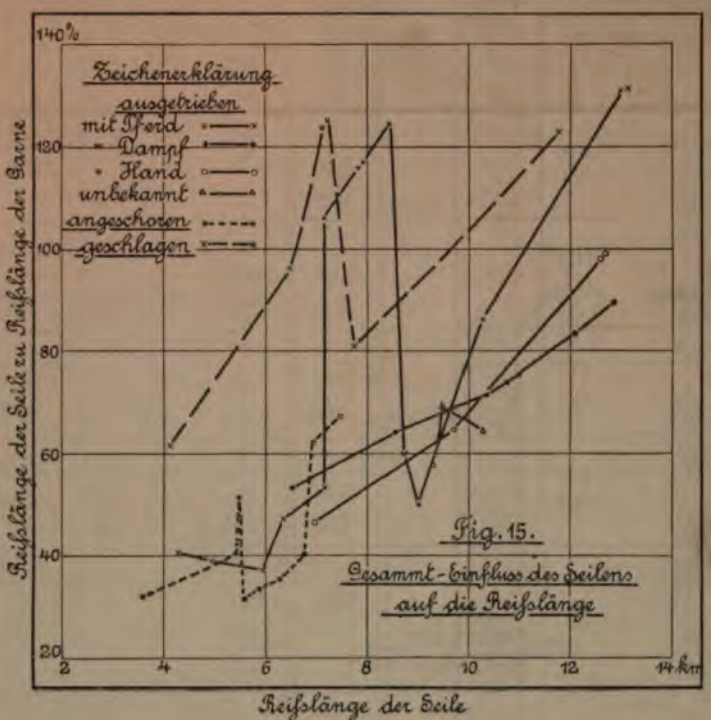


Fig. 15.
Gesammt-Einfluss des Seilens auf die Reißlänge

Ferner dürfte aus dem gut übereinstimmenden Verlauf der voll ausgezogenen Linien, welche für die ausgetriebenen Seile gelten, geschlossen werden können, daß ein Unterschied im Gesammteinfluß des Seilens nicht besteht, wenn das Austreiben mittelst Dampfkraft, Pferdekraft oder von Hand erfolgt.

Die geringsten Materialausnutzungen weisen nach der Lage der punktirten Linie die angeschorenen Seile auf. Da aber die Ausgleichslinie für diese Seile in diejenige für die ausgetriebenen Seile übergeht, so kann aus diesem Ergebniß nicht ohne weiteres geschlossen werden, daß der Einfluß des Anscheerens besonders nachtheilig wirkt.

b) Einfluß des Verfahrens der Seilfertigung auf den Zustand der Garne im Seil.

Als Maß für den Einfluß des Seilereiverfahrens auf den Zustand der Garne im Seil ist nach den Erörterungen im vorigen Abschnitt das Verhältniß der einzelnen Werthe für die aus den Seilen ausgelösten Garne zu denen der rohen Garne in Betracht zu ziehen.

Das Material für die hierzu anzustellenden Nebenuntersuchungen wurde aus 13 Seilen entnommen, deren Auswahl nach den folgenden Gesichtspunkten erfolgte:

Die Seile 24 und 25 aus demselben Garn gefertigt, besaßen verschiedenen Durchmesser und hatten bei der Prüfung gleiche Reißlängen und gleichen Gesammtarbeitsmodul aber verschiedene spezifische Arbeitsmoduli ergeben.

Die Seile 35 und 36 ebenfalls aus gleichem Garn hatten bei verschiedenen Durchmessern und annähernd gleichen Reißlängen verschiedene Gesammt- und spezifische Arbeitsmoduli ergeben.

Die Seile 3, 29 und 31 zeigten die niedrigsten und die Seile 22, 23, 70, 75 und 76 die größten Verhältnißzahlen für die Mittelten zu den aus den Garnfestigkeiten berechneten Seilfestigkeiten. Seile 28, 36, 24 und 25 aus Garnen, für welche außerordentlich [illegible] angearbeiteten Zustande gefunden waren.

Die Probegarne [illegible] und wurde hierbei sorgfältig darauf geachtet, daß sie [illegible] entsprechen.

Litzen der Deckgarne		Angaben zum Seil											
		Herstellungsweise	Konstruktion			Draht der Litzen im Seil						Seildurchmesser	
Länge einer Windung mm	Steigungswinkel in Graden		Anzahl der Litzen	Gesammtzahl der Garne	Durchmesser der Seele mm	Richtung	Länge von 30 Windungen mm	Mittlere Anzahl der Duchten auf 1 m	Mittlere Anzahl der Drehungen einer Litze auf 1 m	Mittlere Ganghöhe der äußeren Litzen mm	Mittlerer Steigungswinkel in Graden	angegeben mm	ermittelt mm
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
56,8	41° 20′	ausgetrieben mit Pferdebetrieb	4	112	7,0	rechts	1190,0 1184,5 1182,0 **1186,0**	42,2	10,6	94,5	49° 45′	35	34
64,9	40° 20′	desgl.	4	152	8,0	rechts	1320,0 1326,0 1327,0 **1324,0**	37,8	9,5	105,0	50° 20′	40	39
76,3	29° 40′	angeschoren u. mittelst Lochbrettes geschlagen	3	75	—	links	732,0 732,0 746,0 **737,0**	34,0	8,5	118,0	51° 47′	24	26
60,2	39° 10′	ausgetrieben mit Pferdebetrieb	3	90	—	rechts	1267,0 1258,5 1255,0 **1261,0**	39,7	13,2	76,0	49° 30′	25	28
59,5	36° 50′	desgl.	3	90	—	rechts	1189,0 1177,0 1177,0 **1181,0**	42,3	14,1	71,0	51° 5′	25	27
26,4	52° 10′	ausgetrieben mit Dampfkraft	4	76	6,0	rechts	1011,5 1004,0 1009,0 **1008,0**	49,6	12,4	80,5	45° 30′	26	26
27,2	51° 20′	desgl.	4	72	6,0	rechts	903,5 899,5 900,1 **901,0**	55,5	13,9	72,0	48° 10′	26	26

Im Hinblick auf diese beiden Gesichtspunkte wird man durch gesteigerte Schlaghärte bis zu einem gewissen Grade eine Förderung der Festigkeit des Seiles erwarten können. Dagegen wirkt die größere Schlaghärte auf die Reißlänge des Seiles in der Beziehung immer nachtheilig ein, daß sie das Gewicht für die Längeneinheit des Seiles vermehrt. Die Garne gehen in der Litze und diese im Seil in eine stärkere Neigung zur Seilachse über, haben also für gleiche Seillängen größere Eigenlänge und somit größeres Gesammtgewicht als bei geringerer Schlaghärte.

3. Der Einfluß der Konstruktion äußert sich darin, daß in Folge verschiedenartiger Anordnung der einzelnen Garne im Seil sowohl die Gefahr der ungleichmäßigen Anspannung der einzelnen Glieder des Seiles als auch das Eigengewicht der Garne bei gleichen Seillängen sich ändert. —

Wie hiernach dargethan ist, so bestehen die genannten Einflüsse in übereinstimmender Weise darin, daß die Anordnung der einzelnen Garne in den Litzen und in den Seilen sich ändert und daß hiermit die nicht zu vermeidenden Ungleichmäßigkeiten in der Anspannung der einzelnen Garne sowie der Materialaufwand für gleiche Seillängen wechseln.

Die Versuche erstreckten sich auf die Ermittelung des Drahtes an je drei Proben sowie der Bruchfestigkeit, Reißlänge und des Metergewichtes an je fünf Proben. Die Ergebnisse sind in Tab. 12 (S. 161) in der Weise zusammengestellt, daß zunächst die Einzelwerthe aufgeführt, zu Mittelwerthen zusammengefaßt und diesen dann die gleichartigen Mittelwerthe, welche für die rohen Garne erhalten waren, gegenüber gestellt wurden. Ferner wurde das Verhältniß beider Mittelwerthe gebildet, wobei immer der Werth für den ursprünglichen Zustand gleich 100 gesetzt ist.

Vergleicht man die Verhältnißzahlen für die Werthe der rohen und der aus den Seilen ausgelösten Garne, so zeigt sich zunächst, daß das Garngewicht im Seil bei den meisten Proben abgenommen hat. Bei zwei Proben wurde es bis zu 50 % größer gefunden. Man hätte nach dem oben erörterten Einfluß wechselnden Drahtes annehmen sollen, daß dieser Gewichtsunterschied als im Zusammenhang mit den Aenderungen des Drahtes durch das Seilen, und zwar diesem annähernd proportional hätte befunden werden müssen. Dies ist indessen nicht der Fall, vielmehr zeigen die Proben, für welche die erwähnte Gewichtszunahme beobachtet war, gerade die größte Abnahme des Drahtes.

Bei Beurtheilung dieser Sachlage hat man zu berücksichtigen, daß beide Bestimmungen, die des Gewichtes sowie die des Drahtes, mit Fehlern behaftet sind. Beide sind erheblich von den Ungleichmäßigkeiten im Garn abhängig und die Drahtbestimmung außerdem noch von den unvermeidlichen Aenderungen, welche trotz der größten Achtsamkeit beim Auslösen der Garne aus dem Seil vorkommen können. Man erkennt dies deutlich aus den Unterschieden, welche bei den je drei zusammengehörigen Drahtbestimmungen auftraten. So wurden z. B. bei dem Garn Nr. 12 aus Seil 25 in einem Fall 34, im andern 60 Windungen auf ein Meter gefunden.

Einen weiteren Beleg für die Unsicherheit der Drahtbestimmungen an den aus den Seilen ausgelösten Garnen erhält man, wenn man die für ein und dasselbe Garn, aber entnommen aus zwei verschiedenen Seilen, erhobenen Drahtzahlen betrachtet und gleichzeitig die Festigkeitseigenschaften dieser Garne berücksichtigt. In Frage kommen hierbei die Garne 12, 19, 16, 13 und 39, für welche immer je zwei Seile vorliegen. Die Mittelwerthe, welche zur besseren Uebersicht in Tab. 13 nochmals zusammengefaßt sind, stellen sich wie folgt:

Tabelle 13.

Garn Nr.		12		19		16		13		39	
entnommen aus Seil Nr.		24	25	35	36	29	31	22	23	73	76
Eigenschaften der Garne	Draht	39	50	56	52	74	65,5	38	36	43	52
	Bruchlast kg	44,0	42,3	57,2	58,0	39,8	39,4	17,2	22,5	37,0	37,4
	Reißlänge km	14,65	14,62	15,13	15,32	12,20	12,50	6,85	6,60	7,60	8,3
Anzahl der Garne im Seil		30	24	92	68	128	96	26	21	72	152

Man ersieht, daß die mittleren Bruchlasten und vor allem die Reißlängen einer und derselben, aber aus zwei verschiedenen Seilen entnommenen Garnsorte sich kaum unterscheiden, während die zugehörigen Drahtzahlen theilweise recht erhebliche Abweichungen aufweisen. Dies Zusammentreffen widerspricht dem früher nachgewiesenen Einfluß des Drahtes auf die Festigkeitseigenschaften der Garne, sodaß die ermittelten Drahtzahlen als sehr unzuverlässig angesehen werden müssen.

Daß nun derartige, anscheinend durch die Entnahme der Proben verursachten Verschiedenheiten im Draht auch die Festigkeiten der Garne in erheblichem Maße beeinträchtigen müssen, steht außer allem Zweifel. Ich habe daher geglaubt, bei der Mittelbildung für die Bruchlasten alle diejenigen Einzelwerthe außer Acht lassen zu sollen, welche von den übrigen unter sich gleichmäßigen Werthen auffallend nach oben oder unten abweichen. Trotzdem konnten irgendwie gesetzmäßige Beziehungen zwischen den Veränderungen der Garnfestigkeiten durch das Seilschlagen zu denen, welche die Garngewichte und der Draht erfahren hatten, nicht gefunden werden. Das Gleiche gilt naturgemäß auch für die Reißlängen.

Immerhin sind aber die Verhältnißzahlen, welche für die Reißlängen gefunden wurden, beachtenswerth. Zur besseren Uebersicht sind auch sie in Tab. 14, nach der Art des Seilereiverfahrens geordnet, nochmals zusammengestellt.

Tabelle 14.

Einfluß des Seilens auf die Reißlänge der Garne.

Ausgetrieben						Angeschoren	
von Hand		mit Pferd		mit Dampf			
Seil Nr.	%	Seil Nr.	%	Seil Nr.	%	Seil Nr.	%
22	53,4	73	112,5	24	102,0	3	53,4
23	63,8					29	69,5
28	57,8	76	123,1	25	101,8	31	71,2
Mittel	58	—	118	—	102	—	65

Hiernach haben in den untersuchten Seilen die Garne durch das Anscheeren und noch mehr durch das Austreiben von Hand an Reißlänge eingebüßt, während die Garne aus den mit Pferdekraft und mit Dampfkraft ausgetriebenen Seilen mindestens die gleiche, wenn nicht eine größere Reißlänge aufweisen als die rohen Garne.

c) Einfluß der Anordnung der Garne im Seil auf dessen Bruchlast und Reißlänge.

Der Einfluß der Anordnung der Garne im Seil tritt, wie oben dargethan wurde, darin zu Tage, daß einerseits die einzelnen Garne eine ungleichmäßige Anspannung erfahren, wodurch ihre gesammte Tragfähigkeit und somit die Bruchlast der Seile verringert wird, und daß andererseits die Metergewichte der Seile und mit diesen die Reißlängen sich ändern.

Ganz allgemein ist als Maß für die Größe dieser Einflüsse das Verhältniß zwischen der Bruchlast des Seiles und der Summe der Garnfestigkeit, sowie das Verhältniß zwischen den Reißlängen des Seiles und denen der Garne gegeben, und zwar sind hierbei die Festigkeitseigenschaften der aus den Seilen ausgelösten Garne in Rücksicht zu ziehen.

Die Zahl der im vorigen Abschnitt gegebenen Beobachtungen hinsichtlich des Einflusses des Seilereiverfahrens auf die Eigenschaften der Garne ist zu gering, als daß das aus ihnen abgeleitete Ergebniß als allgemein gültig angesehen werden könnte. Man kann daher nach diesem Ergebniß die an den rohen Garnen ermittelten Festigkeitswerthe nicht ohne weiteres umrechnen, um die Eigenschaften der Garne im Seil zu erlangen. Demgemäß können auch die Betrachtungen hinsichtlich des Einflusses der Anordnung der Garne im Seil nur an den Seilen angestellt werden, für welche die Untersuchungen mit den ausgelösten Garnen durch-

Aus dem Verlauf der erhaltenen Linienzüge erkennt man, daß die Reißlänge der Seile im allgemeinen mit der Ausnutzung der Feſtigkeit der rohen Garne zunimmt.

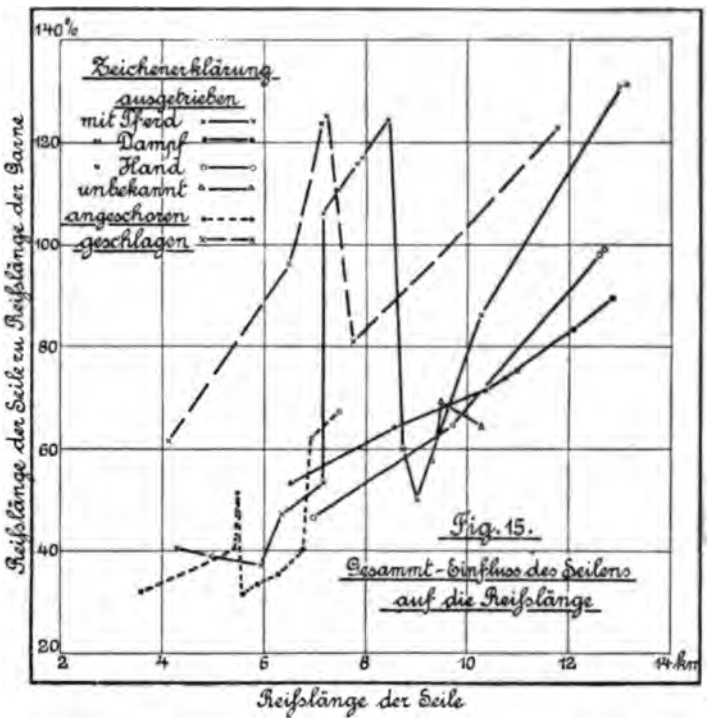


Fig. 15.
Gesammt-Einfluss des Seilens auf die Reißlänge

Ferner dürfte aus dem gut übereinſtimmenden Verlauf der voll ausgezogenen Linien, welche für die ausgetriebenen Seile gelten, geſchloſſen werden können, daß ein Unterſchied im Geſammteinfluß des Seilens nicht beſteht, wenn das Austreiben mittelſt Dampfkraft, Pferdekraft oder von Hand erfolgt.

Die geringſten Materialausnutzungen weiſen nach der Lage der punktirten Linie die angeſchorenen Seile auf. Da aber die Ausgleichslinie für dieſe Seile in diejenige für die ausgetriebenen Seile übergeht, ſo kann aus dieſem Ergebniß nicht ohne weiteres geſchloſſen werden, daß der Einfluß des Anſcheerens beſonders nachtheilig wirkt.

b) Einfluß des Verfahrens der Seilfertigung auf den Zuſtand der Garne im Seil.

Als Maß für den Einfluß des Seilereiverfahrens auf den Zuſtand der Garne im Seil iſt nach den Erörterungen im vorigen Abſchnitt das Verhältniß der einzelnen Werthe für die aus den Seilen ausgelöſten Garne zu denen der rohen Garne in Betracht zu ziehen.

Das Material für die hierzu anzuſtellenden Nebenunterſuchungen wurde aus 13 Seilen entnommen, deren Auswahl nach den folgenden Geſichtspunkten erfolgte:

Die Seile 24 und 25 aus demſelben Garn gefertigt, beſaßen verſchiedenen Durchmeſſer und hatten bei der Prüfung gleiche Reißlängen und gleichen Geſammtarbeitsmodul aber verſchiedene ſpezifiſche Arbeitsmoduli ergeben.

Die Seile 35 und 36 ebenfalls aus gleichem Garn hatten bei verſchiedenen Durchmeſſern und annähernd gleichen Reißlängen verſchiedene Geſammt- und ſpezifiſche Arbeitsmoduli ergeben.

Die Seile 3, 29 und 31 zeigten die niedrigſten und die Seile 22, 23, 70, 73 und 76 die größten Verhältnißzahlen für die ermittelten zu den aus den Garnfeſtigkeiten berechneten Seilfeſtigkeiten. Schließlich beſtanden die Seile 28, 36, 24 und 25 aus Garnen, für welche außerordentlich gleichmäßige Feſtigkeiten im unverarbeiteten Zuſtande gefunden waren.

Die Probegarne wurden immer aus einer Litze entnommen, und wurde hierbei ſorgfältig darauf geachtet, daß ſie den Draht, den ſie im Seil hatten, beibehielten.

Die Versuche erstreckten sich auf die Ermittelung des Drahtes an je drei Proben sowie der Bruchfestigkeit, Reißlänge und des Metergewichtes an je fünf Proben. Die Ergebnisse sind in Tab. 12 (S. 161) in der Weise zusammengestellt, daß zunächst die Einzelwerthe aufgeführt, zu Mittelwerthen zusammengefaßt und diesen dann die gleichartigen Mittelwerthe, welche für die rohen Garne erhalten waren, gegenüber gestellt wurden. Ferner wurde das Verhältniß beider Mittelwerthe gebildet, wobei immer der Werth für den ursprünglichen Zustand gleich 100 gesetzt ist.

Vergleicht man die Verhältnißzahlen für die Werthe der rohen und der aus den Seilen ausgelösten Garne, so zeigt sich zunächst, daß das Garngewicht im Seil bei den meisten Proben abgenommen hat. Bei zwei Proben wurde es bis zu 50% größer gefunden. Man hätte nach dem oben erörterten Einfluß wechselnden Drahtes annehmen sollen, daß dieser Gewichtsunterschied als im Zusammenhang mit den Aenderungen des Drahtes durch das Seilen, und zwar diesem annähernd proportional hätte befunden werden müssen. Dies ist indessen nicht der Fall, vielmehr zeigen die Proben, für welche die erwähnte Gewichtszunahme beobachtet war, gerade die größte Abnahme des Drahtes.

Bei Beurtheilung dieser Sachlage hat man zu berücksichtigen, daß beide Bestimmungen, die des Gewichtes sowie die des Drahtes, mit Fehlern behaftet sind. Beide sind erheblich von den Ungleichmäßigkeiten im Garn abhängig und die Drahtbestimmung außerdem noch von den unvermeidlichen Aenderungen, welche trotz der größten Achtsamkeit beim Auslösen der Garne aus dem Seil vorkommen können. Man erkennt dies deutlich aus den Unterschieden, welche bei den je drei zusammengehörigen Drahtbestimmungen auftraten. So wurden z. B. bei dem Garn Nr. 12 aus Seil 25 in einem Fall 34, im andern 60 Windungen auf ein Meter gefunden.

Einen weiteren Beleg für die Unsicherheit der Drahtbestimmungen an den aus den Seilen ausgelösten Garnen erhält man, wenn man die für ein und dasselbe Garn, aber entnommen aus zwei verschiedenen Seilen, erhobenen Drahtzahlen betrachtet und gleichzeitig die Festigkeitseigenschaften dieser Garne berücksichtigt. In Frage kommen hierbei die Garne 12, 19, 16, 13 und 39, für welche immer je zwei Seile vorliegen. Die Mittelwerthe, welche zur besseren Uebersicht in Tab. 13 nochmals zusammengefaßt sind, stellen sich wie folgt:

Tabelle 13.

Garn Nr.		12		19		16		13		39	
entnommen aus Seil Nr.		24	25	35	36	29	31	22	23	73	76
Eigenschaften der Garne	Draht	39	50	56	52	74	65,5	38	36	43	52
	Bruchlast kg	44,0	42,3	57,2	58,0	39,8	39,4	17,2	22,5	37,0	37,4
	Reißlänge km	14,65	14,62	15,13	15,32	12,20	12,50	6,85	6,60	7,60	8,31
Anzahl der Garne im Seil		30	24	92	68	128	96	26	21	72	152

Man ersieht, daß die mittleren Bruchlasten und vor allem die Reißlängen einer und derselben, aber aus zwei verschiedenen Seilen entnommenen Garnsorte sich kaum unterscheiden, während die zugehörigen Drahtzahlen theilweise recht erhebliche Abweichungen aufweisen. Dies Zusammentreffen widerspricht dem früher nachgewiesenen Einfluß des Drahtes auf die Festigkeitseigenschaften der Garne, sodaß die erhobenen Drahtzahlen als sehr unzuverlässig angesehen werden müssen.

Daß nun derartige, anscheinend durch die Entnahme der Proben verursachten Verschiedenheiten im Draht auch die Festigkeiten der Garne in erheblichem Maße beeinträchtigen müssen, steht außer allem Zweifel. Ich habe daher geglaubt, bei der Mittelbildung für die Bruchlasten alle diejenigen Einzelwerthe außer Acht lassen zu sollen, welche von den übrigen unter sich gleichmäßigen Werthen auffallend nach oben oder unten abweichen. Trotzdem konnten irgendwie gesetzmäßige Beziehungen zwischen den Veränderungen der Garnfestigkeiten durch das Seilschlagen zu denen, welche die Garngewichte und der Draht erfahren hatten, nicht gefunden werden. Das Gleiche gilt naturgemäß auch für die Reißlängen.

Immerhin sind aber die Verhältnißzahlen, welche für die Reißlängen gefunden wurden, beachtenswerth. Zur besseren Uebersicht sind auch sie in Tab. 14, nach der Art des Seilereiverfahrens geordnet, nochmals zusammengestellt.

Tabelle 14.

Einfluß des Seilens auf die Reißlänge der Garne.

Ausgetrieben						Angeschoren	
von Hand		mit Pferd		mit Dampf			
Seil Nr.	%	Seil Nr.	%	Seil Nr.	%	Seil Nr.	%
22	53,4	73	112,5	24	102,0	3	53,4
23	63,8					29	69,5
28	57,8	76	123,1	25	101,8	31	71,2
Mittel	58	—	118	—	102	—	65

Hiernach haben in den untersuchten Seilen die Garne durch das Anscheeren und noch mehr durch das Austreiben von Hand an Reißlänge eingebüßt, während die Garne aus den mit Pferdekraft und mit Dampfkraft ausgetriebenen Seilen mindestens die gleiche, wenn nicht eine größere Reißlänge aufweisen als die rohen Garne.

c) Einfluß der Anordnung der Garne im Seil auf dessen Bruchlast und Reißlänge.

Der Einfluß der Anordnung der Garne im Seil tritt, wie oben dargethan wurde, darin zu Tage, daß einerseits die einzelnen Garne eine ungleichmäßige Anspannung erfahren, wodurch ihre gesammte Tragfähigkeit und somit die Bruchlast der Seile verringert wird, und daß andererseits die Metergewichte der Seile und mit diesen die Reißlängen sich ändern.

Ganz allgemein ist als Maß für die Größe dieser Einflüsse das Verhältniß zwischen der Bruchlast des Seiles und der Summe der Garnfestigkeit, sowie das Verhältniß zwischen den Reißlängen des Seiles und denen der Garne gegeben, und zwar sind hierbei die Festigkeitseigenschaften der aus den Seilen ausgelösten Garne in Rücksicht zu ziehen.

Die Zahl der im vorigen Abschnitt gegebenen Beobachtungen hinsichtlich des Einflusses des Seilereiverfahrens auf die Eigenschaften der Garne ist zu gering, als daß das aus ihnen abgeleitete Ergebniß als allgemein gültig angesehen werden könnte. Man kann daher nach diesem Ergebniß die an den rohen Garnen ermittelten Festigkeitswerthe nicht ohne weiteres umrechnen, um die Eigenschaften der Garne im Seil zu erlangen. Demgemäß können auch die Betrachtungen hinsichtlich des Einflusses der Anordnung der Garne im Seil nur an den 13 Seilen angestellt werden, für welche die Untersuchungen mit den ausgelösten Garnen durchgeführt sind.

Tabelle 15. **Beziehungen der Festigkeitseigenschaften**

Seil Nr.	Herstellungsweise	Konstruktion der Seile: Anzahl der Litzen	Gesammtzahl der Garne	Durchmesser der Seele mm	Härte des Schlages: Neigungswinkel in Graden: für die Deckgarne in der Litze α_1	für die Litzen im Seil α_2	für die Deckgarne im Seil $\alpha_2-\alpha_1$	Garn Nr.	Ermittelter Seildurchmesser mm	Gewichte: Garn g
31	angeschoren	4	96	—	42° 55′	50° 12′	+ 7° 17′	16	24	3,15 (3,43)
29		4	128	—	41° 35′	49° 7′	+ 7° 32′		29	3,26 (3,43)
3		3	135	—	41° 25′	54° 50′	+13° 25′	1b	29	3,31 (3,76)
35	ausgetrieben	4	92	4,0	46° 30′	46° 50′	+ 0° 20′	19	24	3,78 (4,96)
36		4	68	3,5	44° 5′	45° 10′	+ 1° 5′		22	3,78 (4,96)
28	desgl. von Hand	4	84	7,5	42° 55′	52° 20′	+ 9° 25′	15	27	4,92 (5,12)
24	desgl. mit Dampf	3	30	—	38° —	42° 57′	+ 4° 57′	12	13	3,00 (3,21)
25		3	24	—	37° 30′	43° 32′	+ 6°		11	2,89 (3,21)
76	desgl. mit Pferd	4	152	8,0	40° 20′	50° 20′	+ 10° —	39	39	4,50 (4,88)
73		4	72	5,5	43° 30′	48° 50′	+ 5° 20′		27	4,87 (4,88)
70	unbekannt	4	96	4 Garne	39° 50′	46° —	+ 6° 10′	38	26	3,98 (3,95)
23	ausgetrieben mit Hand	3	21	—	40° 40′	45° 50′	+ 5° 10′	13	10	2,81 (2,18)
22		3	26	—	37° 30′	44° 30′	+ 7° —		11	2,51 (2,18)

*) Die eingeklammerten Werthe gelten: a) beim Garn für den rohen Zustand.
b) beim Seil für den Zustand während des Zugversuches.

Die Einflüsse der Garnanordnung sind nun an sich begründet theils in dem Fertigungsverfahren, theils in der Konstruktion der Seile und schließlich auch in der Schlaghärte. Man kann daher, um sie nach ihren Entstehungsursachen zu trennen, immer nur solche Seile in Vergleich stellen, bei denen zwei der genannten Zustände die gleichen sind. Hierzu ist aber das vorliegende Versuchsmaterial zu wenig umfangreich. Ich glaube daher in Tab. 15 die bisher erhaltenen einzelnen Beobachtungswerthe, die Seile geordnet nach wachsendem Verhältniß ihrer Reißlängen zu denen der Garne, nur mittheilen zu sollen, ohne besondere Schlußfolgerungen aus ihnen zu ziehen.

d) Einfluß des Materiales auf die Seilfestigkeit.

Die Zahl der Proben innerhalb der gesammten Reihe, an denen der Einfluß des Materiales auf die Seilfestigkeit dargethan werden kann, ist nur gering. Denn im Hinblick auf die Einflüsse der Konstruktionsverhältnisse erscheint es nicht zulässig, den Einfluß des Materiales an anderen Seilen zu untersuchen als an solchen, welche im übrigen wenigstens nahezu in gleicher Weise gefertigt sind.

Von demselben Fabrikanten eingeliefert sind das Seil 5 aus italienischem und das Seil 6 aus russischem Hanf (s. Tab. 11). Beide sind vierlitzig aus 72 Garnen geschlagen.

der Seile zu denen der aus ihnen ausgelösten Garne.

für 1 m*)			Länge in Metern		Reißlängen			Bruchbelastung			
									der Seile		
Litze	Seele	Seil	einer Litze	eines Garnes im Mittel	des aufgelösten Garnes r	des Seiles R	Verhältnis beider $\frac{R \cdot 100}{r}$	des aufgelösten Garnes p	ermittelt P	aus Garnfestigkeit berechnet Σp	Verhältniß beider $\frac{P \cdot 100}{\Sigma p}$
g	g	g	für 100 m Seil		km	km	%	kg	kg		%
91	—	438 (460)	123	145 (140)	12,50	5,545	44	39,4	2550	3780	68
123	—	606 (625)	124	145 (142)	12,20	5,88	48	39,8	3675	5100	72
196,5	—	742 (750)	126	166 (148)	5,98	3,57	60	19,8	2675	2675	100
102	18	520 (492)	120	149 (108)	15,13	9,30	61	57,2	4575	5260	87
81	8	368 (378)	113	143 (112)	15,32	10,32	67	58,0	3900	3940	99
115	48	616 (628)	124	149 (146)	8,63	6,97	81	42,5	4375	3570	122
37	—	120 (120)	112	133 (125)	14,65	12,04	82	44,0	1445	1320	109
28	—	92 (94)	111	133 (122)	14,62	12,87	88	42,3	1210	1015	119
214	70	1156 (1157)	127	169 (156)	8,31	7,455	90	37,4	8625	5690	152
97	26	518 (540)	120	147 (154)	7,60	7,83	103	37,0	4225	2660	159
99	16	492 (525)	119	129 (138)	9,95	10,86	109	39,6	5700	3800	150
25	—	82 (81)	115	139 (177)	8,18	12,595	154	23,0	1020	483	217
29	—	96 (95)	113	147 (167)	6,85	12,63	184	17,2	1200	447	269

Die nicht eingeklammerten Werthe gelten: a) beim Garn für das ausgelöste Garn.
b) beim Seil für den Zustand bei der späteren Ermittelung der Schlaghärte.

Auch die übrigen Konstruktionsverhältnisse sind bei beiden annähernd gleich, sodaß die Unterschiede in den Festigkeiten wohl hauptsächlich im Material zu suchen sein werden. Nun betragen die Festigkeit und die Reißlänge bei dem Seil 5 : 3300 kg und 7,14 km, beim Seil 6 dagegen nur 2800 km und 6,510 km, ferner verhalten sich die Arbeitsmoduli der Zerreißung, d. h. die von der Gewichtseinheit des Materiales bis zum Bruch geleisteten Arbeiten, wie 44 : 26. Man wird hiernach dem italienischen Hanf dem russischen Hanf gegenüber einen größeren Nutzwerth zuschreiben müssen.

In gleicher Weise können die drei Seile 63—65 aus Manilahanf, badischem Schleißhanf (Malestowker) und russischem Hanf mit einander verglichen werden. Es sind dies ebenfalls vierlitzige Seile mit je 116—120 Garnen und alle drei mit Pferdebetrieb ausgetrieben. Die Vergleichswerthe stellen sich wie folgt:

	Festigkeit kg	Reißlänge km	Arbeitsmodul
Manilahanf	2400	4,230	0,37
badischer Hanf . . .	3400	4,960	0,29
russischer Hanf . . .	4000	5,970	0,34

Tabelle 16. **Ergebnisse der Untersuchungen**

Seil Nr.	Angaben zum Hanf			Angaben zum Garn			Angaben zu den Litzen		Angaben zu den Konstruktion			
	Ursprung oder Marke	Art der Zubereitung	Aschengehalt %	Garn Nr.	Art des Gespinnstes	Anzahl der Windungen auf 1 m	Anzahl der Nebenlitzen	Anzahl der Garne in den Nebenlitzen	Herstellungsweise	Anzahl der Hauptlitzen	Gesamtzahl der Garne	Durchmesser des Seiles
8	Bolognefer Hanf	abgespitzt, maschinengehechelt und sortirt	1,2	6	mechanisch gesponnen	50	4	4	geschlagen	4	64	—
9							4	7		4	112	—
10							4	11		4	176	—
11							4	14		4	224	—
12							4	19		4	304	—
13							4	24		4	384	—
14				7		59	4	11		4	176	—
27	Halbgestampfter Badischer Schleißhanf	rein abgezogen	2,70	14	von Hand	50	4	22	ausgetrieben	4	352	$^{5}/_{12,5}$
32	Russischer Rein-Hanf	gut abgespitzt	—	17	von Hand	—	3	28	ausgetrieben (Pferd)	3	252	—
41	Russischer Hanf Marke: Büchower	rein abgezogen	—	22	von Hand	80	4	7	angeschoren	4	112	$^{-}/_{4,0}$
57	Italienischer Hanf	rein abgezogen	—	25	von Hand	—	4	16	Fäden auf ganze Länge gesponnen	4	256	$^{-}/_{16}$ Garne
66	Badischer Schleißhanf	rein abgezogen	2,46	32	von Hand	63	4	8	ausgetrieben (Pferd)	4	128 (127)	$^{2,5}/_{8,0}$
67	Ungarischer Spitzhanf	abgespitzt	—	35	von Hand	76	4	11 12	geschlagen	4	184	—

Hiernach erscheint der russische Hanf dem badischen überlegen und der Manilahanf der geringwerthigste zu sein, wobei freilich zu beachten ist, daß beide Proben des Manilaseiles in der Einspannung zum Bruch gingen, während die übrigen im freien Seil rissen, sodaß eine Beeinflussung der Festigkeit der ersteren nicht ausgeschlossen sein dürfte.

den Kabelſchlag-Seilen.

n	Seildurchmeſſer		Gewicht für 1 m		Ergebniſſe der Zugverſuche					Aus Garnfeſtigkeit berechnete Seilfeſtigkeit	Verhältnißzahlen	
					Garn		Seil					
	Angeblich	Ermittelt	Garn	Seil	Bruchlaſt	Reißlänge	Bruchlaſt	Reißlänge	Lage des Bruches		Ermittelte zur berechneten Seilfeſtigkeit	Reißlänge des Seiles zu der des Garnes
	mm	mm	g	kg	kg	km	kg	km		kg	%	%
	15	15	2,06	0,191	36,5	17,72	2380 2500 **2440**	12,46 13,09 **12,78**	in der Einſpannung	2330	104,5	72,1
	20	20	2,06	0,349	36,5	17,72	3400 3750 **3575**	9,74 10,74 **10,24**	in der Einſpannung	4090	87,5	57,8
	26	26	2,06	0,529	36,5	17,72	6200 6200 **6200**	11,72 11,72 **11,72**	desgl. frei	6430	96,3	64,2
	30	30	2,06	0,680	36,5	17,72	7800 8300 **8050**	11,47 12,21 **11,84**	in der Einſpannung frei	8180	98,3	66,8
	35	32	2,06	0,927	36,5	17,72	9800 9300 **9550**	10,57 10,03 **10,30**	in der Einſpannung	11100	86,0	58,2
	40	40	2,06	1,149	36,5	17,72	12800 13600 **13200**	11,14 11,84 **11,49**	frei	14020	94,2	64,8
	26	26	2,13	0,558	42,4	19,91	5650 5550 **5600**	10,13 9,95 **10,04**	in der Einſpannung	7460	75,1	50,5
	65	59	4,83	2,621	65,4	13,54	20750 19500 **20125**	7,92 7,44 **7,68**	frei	23020	87,8	56,6
	45,5	45	—	0,710	—	—	11600 11800 **11700**	**16,45**	frei	—	—	—
	26,0	29,0	3,29	0,621	54,8	16,66	5100 5200 **5150**	8,21 8,37 **8,29**	frei	6140	83,8	49,7
	26,0	26,0	(1,34)	0,528	(37,0)*)	(27,6)	4150 3900 **4025**	7,86 7,39 **7,63**	frei	(9480)	(42,3)	27,6
	29	32	3,18	0,822	38,9	12,52	**4600**	**5,59**	frei	4940	93,2	44,6
	32,5	34	3,69	1,163	59,6	16,15	6400 5800 **6100**	**5,23**	in der Einſpannung	10970	55,6	32,4

*) Bei 500 mm Länge.

Einen zweiten Vergleich zwiſchen italieniſchem und ruſſiſchem Material bieten die dreilitzigen 25 und 22 mit 24 und 26 Garnen bei gleichem Gewicht pro Meter. Beide Seile ausgetrieben, allerdings das eine mit Hand- und das andere mit Dampfbetrieb. Auch hnen iſt das Seil aus italieniſchem Hanf dem aus ruſſiſchem Material überlegen. Die ſchiede in den Feſtigkeitseigenſchaften ſind zwar nur gering, doch iſt zu beachten, daß die

Tabelle 17. **Vergleich zwischen**

Seil Nr.	Material		Angaben zu den Garnen				
	Ursprung	Zustand	Nr.	Art der Herstellung	Ursprünglicher Zustand: Gewicht pro Meter g	Ursprünglicher Zustand: Draht pro Meter	Ursprünglicher Zustand: Mittlere Bruchlast kg
26 27	Badischer Schleißhanf	rein abgezogen	14	von Hand	4,83	50	65,4
64 66		rein abgezogen	32	von Hand	3,18	63	38,9
33 32	Russischer Hanf	gut abgespitzt	17	von Hand	—	—	—
40 41		rein abgezogen	22	von Hand	3,29	80	54,8
42 14	Italienischer Hanf	rein abgezogen abgespitzt	23 7	von Hand mechanisch	3,89 2,13	50 59	52,3 42,4
15 10		abgespitzt	8 6	von Hand mechanisch	— 2,06	— 50	— 36,5

Garne des ersteren die gröberen sind, womit ein ungünstiger Einfluß auf die Festigkeit verbunden ist, wie oben dargethan wurde.

Faßt man die besprochenen Ergebnisse zusammen, so stellt sich der Nutzungswerth mit Rücksicht auf die erreichbare Seilfestigkeit in fallender Reihe für die verschiedenen Materialien wie folgt: italienischer, russischer, badischer und Manilahanf.

Für den Vergleich des ungarischen Hanfes mit den übrigen ist ein zuverlässiges Probenmaterial nicht geboten. Immerhin erscheint es aber von Werth darauf hinzuweisen, daß von den beiden Seilen 61 aus ungarischem Hanf und 70 aus russischem Hanf, das letztere die günstigeren Ergebnisse geliefert hat. Dabei sind beide Seile bei annähernd gleichen Metergewichten aus 94 und 96 Garnen von fast gleicher Feinheit vierlitzig ausgetrieben.

e) Unterschiede zwischen Rund- und Kabelschlag.

Die Ergebnisse der mit Kabelschlagseilen angestellten Versuche sind in Tab. 16 (S. 166 und 167) zusammengestellt.

Der Nachweis der Festigkeitsunterschiede zwischen Rundschlag- und Kabelschlagseilen kann mit voller Zuverlässigkeit nur durch den Vergleich solcher Seile erbracht werden, welche aus einem und demselben Garn gefertigt sind. Als Vergleichswerthe stehen dann, wenn man von der Zahl der Garne im Seil zunächst absieht, unmittelbar zur Verfügung: die Reißlänge der Seile, die im Seile erreichte mittlere Fadenfestigkeit, d. h. der Quotient aus Bruchlast des Seiles und Fadenzahl und das Verhältniß der im Seil erreichten Fadenfestigkeit zur ursprünglichen.

Die vorliegende Versuchsreihe enthält hierzu vier Seilpaare. Es sind dies die in Tab. 17 unter Voranstellung immer des Rundschlagseiles aufgeführten Seile 26 und 27, 64 und 66, 33 und 32 sowie 40 und 41; die beiden ersten Paare aus badischem Schleißhanf, die beiden andern aus russischem Hanf.

Rundschlag- und Kabelschlag-Seilen.

Angaben zu den Seilen						Mittlere Fadenfestigkeit im Seil		Verhältnißzahlen: die Werthe für Rundschlag = 100	
Herstellungs-		Gewicht pro Meter	Zahl der Garne	Festigkeit		berechnet	im Verhältniß zur ursprünglichen	Reißlänge	Fadenfestigkeit im Seil
Verfahren	Art			Bruchlast	Reißlänge				
		g		kg	km	kg	%	%	%
4litzig ausgetrieben	Rund-Kabel	580 2621	92 352	5475 20125	9,44 7,68	48,6 57,6	74 88	81	118
4litzig ausgetrieben	Rund-Kabel	686 822	119 127	3400 4600	4,96 5,59	28,6 36,2	74 93	113	126
3litzig ausgetrieben	Rund-Kabel	392 710	84 252	5025 11700	12,82 16,45	59,8 46,4	—	128	78
4litzig angeschoren	Rund-Kabel	566 621	108 112	3825 5150	6,76 8,29	35,4 46,0	65 84	123	130
ausgetrieben geschlagen	Rund-Kabel	557 558	104 176	3550 5600	6,37 10,04	34,1 31,8	65 75	158	—
4litzig geschlagen	Rund-Kabel	531 529	92 176	4325 6200	8,15 11,72	47,0 35,2	— 96	144	—

Die aus allen vier Paaren abgeleiteten Mittelwerthe ergeben für die Kabelschlagseile einen Ueberschuß an Reißlänge von 11 % und an Fadenfestigkeit im Seil von 14 % den Rundschlagseilen gegenüber. In dem einen Paar (Seil 26 und 27) überwiegt allerdings die Reißlänge und in einem andern (Seil 33 und 34) die Fadenfestigkeit der Rundschlagseile, doch wird man diese beiden Ausnahmen, auf deren wahrscheinliche Begründung ich noch zurückkomme, den übrigen sechs Werthen gegenüber wohl vernachlässigen und demgemäß den Schluß ziehen können, daß die Ausnutzung des Materials beim Kabelschlag eine bessere ist als beim Rundschlag. Auch beim Vergleich der Verhältnißzahlen für die berechnete zur ursprünglichen Fadenfestigkeit tritt dies Gesetz deutlich zu Tage. Bei den Rundschlagseilen beträgt dies Verhältniß im Mittel 71 %, bei den Kabelschlagseilen dagegen 88 %, also 17 % mehr.

Wie ich bereits erwähnte, wurden die in Vergleich gestellten Seile nach dem Gesichtspunkt ausgewählt, daß paarweise dieselben Garne vorlagen. Hierbei konnte auf die Stärke der Seile, d. h. auf das Seilgewicht pro Meter oder auf gleiche Fadenzahl nicht Rücksicht genommen werden, weil solche Seile nicht vorlagen, die neben dem Material auch in diesen Beziehungen gleichwerthig sind. So kam es denn, daß in allen vier Paaren die Kabelschlagseile eine größere Fadenzahl besaßen als die Rundschlagseile. Bei zwei Paaren ist der Unterschied nur gering, nämlich 119 : 127 und 108 : 112, bei den beiden andern dagegen außerordentlich groß, d. h. gleich 92 : 352 und gleich 84 : 252. Nun muß, wie leicht erklärlich, die Gefahr der ungleichmäßigen Spannungsvertheilung auf die einzelnen Garne mit deren Zahl besonders bei den von Hand geschlagenen Seilen wachsen, sodaß es wohl nicht befremden kann, wenn gerade bei diesen beiden Paaren es vorkam, daß einmal die Reißlänge und ein anderes Mal die Fadenfestigkeit für die vielgarnigen Kabelseile ausnahmsweise geringer befunden wurde als bei den Rundschlagseilen. —

Um nun zu sehen, wie die Verhältnisse bei den beiden Seilarten sich stellen, wenn man Proben beliebiger Fertigung aber aus gleichem Material und von gleichem Gewicht mit ein-

ander vergleicht, sind am Schluß der Tab. 17 zwei weitere Paare aus italienischem Hanf gegenüber gestellt. Das Metergewicht betrug bei dem einen Paar 558, bei dem andern 530. — Da die verarbeiteten Garne im ursprünglichen Zustande verschieden fein waren und verschiedene Festigkeiten besaßen, so konnte der Vergleich hinsichtlich der in den Seilpaaren erreichten Fadenfestigkeiten nicht durchgeführt werden. Ich mußte mich daher auf den Vergleich der zusammengehörigen Seile hinsichtlich der Reißlängen und hinsichtlich des Verhältnisses der berechneten zur ursprünglichen Fadenfestigkeit beschränken. — Beide Werthe bestätigen die Ueberlegenheit der Kabelschlagseile. Der Ueberschuß an Reißlänge beträgt sogar im Mittel 50 %; oben waren nur 11 % im Mittel und 28 % im Höchstfall gefunden. Den größeren Unterschied bei den zuletzt betrachteten Paaren glaube ich damit erklären zu sollen, daß bei ihnen die Kabelseile auf mechanischem Wege, die Rundschlagseile dagegen von Hand gefertigt sind, worin zugleich die Ueberlegenheit der mechanischen Seilerei dargethan sein würde. — Im Uebrigen scheint auch bei den Kabelschlagseilen wieder der Vortheil des Austreibens dem Abscheeren gegenüber hervorzutreten. Es ist dies allerdings mit großer Reserve aufzufassen, weil hierzu überhaupt nur ein einziges Vergleichsobjekt vorliegt.

Ein Urtheil über den Einfluß der Feinheit der Garne auf die Festigkeit der Kabelschlagseile kann aus dem vorliegenden Zahlenmaterial unmittelbar nicht abgeleitet werden. Beachtet man aber, daß

1. nach den Garnprüfungen dem feineren Gespinnst eine höhere Festigkeit zukommt als den gröberen Garnen, und
2. die Verhältnißzahlen für die Garnfestigkeiten im Seil zu den ursprünglichen bei allen Seilen annähernd die gleichen sind, also die Garnfestigkeit durchweg in gleichem Maße gewahrt zu sein scheint,

so wird man durch Vereinigung dieser beiden Beobachtungen zu dem Urtheil geführt, daß Seile aus feineren Garnen auch größere Festigkeiten ergeben.

---

2. Ueber die Bestimmung des Cellulosegehaltes im Papier.

Vom Vorsteher, Professor A. Martens.

Eine Behörde ließ ein mit dem Wasserzeichen einer namhaften Fabrik versehenes Papier der Verwendungsklasse 3b untersuchen. Bei der Prüfung des Stoffgehaltes ergab sich aus der mikroskopischen Schätzung, daß das Papier etwa 70 % Cellulose, anstatt der zulässigen 25 %, enthielt. Da bei dem großen Ruf, den die Fabrik genießt, nicht angenommen werden durfte, daß in diesem Falle eine beabsichtigte Täuschung vorlag, vielmehr das Vorkommniß sehr wahrscheinlich auf ein Versehen in der Fabrikation zurückzuführen war, so schrieb die Versuchsanstalt unter dem 14. März d. J. an die Fabrik wie folgt:

„Im Anschluß an [illegible] Benachrichtigung[1]) bemerkt die Versuchsanstalt noch, daß der [illegible]ose auf etwa 70 % geschätzt worden ist. Diese erhebliche Ueberl[illegible] kann anders als durch ein Versehen

[1]) Es handelt sich um die [illegible] und Prüfung von Papier zu amtlichen Zwecken" vergl. „Mittheil[illegible]

in der Fabrikation entſtanden ſein. Die Verſuchsanſtalt will Ihnen durch obige Mittheilung Gelegenheit geben, den Fall aufzuklären."

Auf dieſen Brief erfolgte nachſtehende Antwort vom 16. März:

„In ergebenſter Erwiederung Ihres Geehrten vom 14. d. M. danke ich Ihnen beſtens für Ihre freundliche Benachrichtigung, der zufolge ich meine ganzen Fabrikationsbücher nachgeſchlagen habe, um der Sache auf den Grund zu gehen. Zu meinem lebhaften Bedauern kann ich aber nicht herausfinden, wann das betreffende Papier angefertigt worden iſt, da in den Fabrikationsbüchern die Stoffmiſchungen den Vorſchriften entſprechend eingetragen ſind."

„Um nun für die Folge dem vorzubeugen, daß ich bezüglich der Stoffmiſchungen von meinen Meiſtern oder Arbeitern hintergangen werde, wäre es mir ſehr erwünſcht von Ihnen zu erfahren, auf welche Weiſe Sie überhaupt im Stande ſind, den genauen Prozentſatz von Celluloſe im Papier feſtzuſtellen. Ich hätte dann hier eine Kontrole, um ſofort nach der Fabrikation konſtatiren zu können, ob die Holländermüller genau nach der vorgeſchriebenen Stoffmiſchung auch in die Holländer eingetragen haben."

Hierauf antwortete die Verſuchsanſtalt am 18. März:

„Auf die Anfrage vom 16. d. M. wird ergebenſt erwidert, daß die Menge der in einem Papier vorhandenen Celluloſe durch Schätzung des mikroſkopiſchen Bildes im Vergleich mit Stoffmiſchungen von bekanntem Gehalt, welche in der Verſuchsanſtalt ſelbſt hergeſtellt werden, feſtgeſtellt wird. Dieſe Schätzung erfordert natürlich viel Uebung und wird hier ſtets von mehreren Beamten ausgeführt. Abweichungen aber, wie ſie Ihr Conzept 3b gegen die vorgeſchriebene Stoffmiſchung zeigt, können auch ohne beſondere Uebung im Mikroſkopiren erkannt werden. Die Verſuchsanſtalt würde gerne bereit ſein, Ihnen bei einem etwaigen Beſuch den Unterſchied in den mikroſkopiſchen Bildern bei verſchiedenem Celluloſegehalt zu zeigen. An dieſer Stelle weiter darauf einzugehen, würde zu weit führen. Wenn Sie ſich weiter über die Sache unterrichten wollen, ſo werden Sie außer auf den „Leitfaden für Papierprüfung" von W. Herzberg, Seite 41, auch auf die in den „Mittheilungen aus den techniſchen Verſuchsanſtalten" 1892, Heft 1, erſchienene Abhandlung: „Ueber die Feſtſtellung der Mengenverhältniſſe der in einem Papier vorhandenen Faſerarten" verwieſen."

Auf dieſen Brief antwortete die Fabrik am 27. März d. J. wie folgt:

„Für Ihre gefl. Auskunft vom 18. d. M. danke ich Ihnen zwar beſtens, bin aber über dieſelbe wenig erbaut, ich halte eine derartige mikroſkopiſche Unterſuchung für durchaus ungenügend um auf Wort verſichern zu können, ſo und ſo viel Prozent Celluloſe ſind genau in dem Papier, es iſt bei einer derartigen Unterſuchung der Willkür doch zu ſehr freies Spiel gelaſſen."

„Mahlt man z. B. die Celluloſe mit den Lumpen zuſammen im Holländer, ſo iſt das Gewebe des Papiers ein gleichmäßigeres, als wenn man Lumpen allein mahlt, desgleichen die Celluloſe und dann die Miſchung erſt in der Stoffbütte vornimmt; im letzteren Falle ſchwimmt beim Verarbeiten des Stoffes auf dem Siebe die Celluloſe meiſt oben. Schaben Sie für Ihre mikroſkopiſche Unterſuchung bei einem nach der letzten Weiſe fabrizirten Papier nun Ihre Faſern

von der oberen Seite, so werden Sie einen größeren Prozentsatz Cellulose finden; schaben Sie die Fasern von der unteren, also der Siebseite, so werden Sie einen größeren Prozentsatz an Hadern finden." [1])

„So richtig und nachweisbar bei der Papieruntersuchung die Feststellung von Reißlänge, Bruchdehnung und Aschengehalt ist, ebenso ungenügend ist die mikroskopische Feststellung der im Papier enthaltenen Quantitäten, eben weil die Willkür zu großen Spielraum hat. Das letztere gilt auch von dem Widerstand gegen Zerknittern; die Prüfung auf den Widerstand gegen Zerknittern ist, entschuldigen Sie gütigst den etwas unparlamentarischen Ausdruck, der reine Unsinn; die Prüfung desselben ist so individuell und so der Willkür preisgegeben, daß man darüber ruhig zur Tagesordnung gehen kann, ohne ein Wort weiter darüber zu verlieren."

„Eine Untersuchung des Papiers muß aber so gestaltet sein, um maßgebend zu sein, daß auch der kleinste Fabrikant im Stande ist, dieselbe zu vollziehen, sonst verliert dieselbe ihren Werth; die Untersuchung darf nicht allein in den Händen einiger „Unfehlbarer" liegen, gegen die es keine höhere Instanz giebt, sonst verliert man das Vertrauen zu ihr, umsomehr als es auf mich den Eindruck macht, daß die Versuchsanstalt in zweifelhaften Fällen rigoros zu Ungunsten des Fabrikats entscheidet, was ja wohl durch die Klagen von Seiten anderer Fabrikanten bestätigt sein dürfte. Etwas mehr Wohlwollen dürfte wohl am Platze sein; im Uebrigen hätte die Papierindustrie, die ohnehin nothleidend genug ist, das Danaergeschenk der Untersuchung gut entbehren können."

Hierauf antwortete die Versuchsanstalt unter dem 29. März d. J. wie folgt:

„Wenn auch aus dem gefl. Schreiben vom 27. d. M. Ihr absolut ablehnender Standpunkt gegenüber dem Papierprüfungswesen hervorgeht und die Versuchsanstalt für ihre gut gemeinte Benachrichtigung vom 18. d. M. schließlich wenig Dank zu ernten scheint, so ist es doch nothwendig, einige von den in Ihrem Schreiben enthaltenen Irrthümer nicht ohne Erwiderung zu lassen. Ganz besonders muß die Anstalt aber die in den Schlußsätzen nackt ausgesprochenen Vorwürfe der Parteinahme gegen die Fabrikanten zurückweisen, denn hiermit werfen Sie ihr Verletzung ihrer Dienstpflichten vor."

„Der Versuchsanstalt kann es nicht gleichgültig sein, daß Anschauungen, wie Sie sie in Ihrem Schreiben entwickelt haben, in Fabrikantenkreisen bestehen und sich womöglich weiter verbreiten. Deswegen wird trotz Ihrer ablehnenden Haltung Ihnen das Angebot gemacht, sich durch Besuch der Anstalt davon überzeugen zu wollen, daß nicht nur nach Pflicht und bestem Gewissen gearbeitet wird, sondern daß auch die Versuchsanstalt im Stande ist, jeden Ihrer erhobenen oder bei Gelegenheit Ihres etwaigen Besuches zu erhebenden Einwände in einer solchen Weise sachlich zu widerlegen, daß selbst Sie von der Zuverlässigkeit der mikroskopischen Untersuchung und der Bestimmung des Widerstandes gegen Zerknittern überzeugt werden."

[1]) Da die hier ausgesprochene Behauptung, daß die Cellulosefaser unter den genannten Umständen oben aufschwimmen soll, bisher nicht erwiesen sein dürfte, die Frage, ob dies möglich ist, aber immerhin von Interesse sein wird, so bittet die Versuchsanstalt, ihr solche Papiere, bei denen die geschilderte Anordnung der Fasern vermuthet wird, zur Feststellung der Thatsache einzusenden.

„Die Versuchsanstalt stellt es Ihnen frei, zu dem Zwecke aus Ihren Beständen oder von irgend wo anders her solche nicht aufeinander gegautschten Papiere zu entnehmen, die in einzelnen Theilen eines Bogens, ganz besonders aber an der Oberfläche und im Innern eine örtliche Trennung der einzelnen Faserarten zeigen. Aber selbst wenn diese schichtenweise Anordnung in der Dicke des Bogens absichtlich oder bei mangelhafter Durchmischung des Stoffes erzeugt worden ist, so hat dies keinen Einfluß auf die mikroskopische Untersuchung, weil diese anders ausgeführt wird, als Sie es voraussetzen, wovon die Versuchsanstalt Sie gerne überzeugt, wenn Sie sie besuchen wollen."

„Auf einen Punkt noch aufmerksam zu machen, kann die Versuchsanstalt nicht unterlassen. Sie wollen sich gefälligst überlegen, wohin es führen muß, wenn die in wohlwollendem Interesse für die vaterländische Industrie gegebenen Benachrichtigungen (die Anstalt war hierzu in keiner Weise verpflichtet) eine Begegnung finden, wie es geschehen ist. Nachdem, wie Sie schließlich einsehen werden, es außerhalb der Macht der Anstalt steht, an den thatsächlich bestehenden Verhältnissen aus sich heraus zu ändern, wäre es da nicht zweckmäßig, die Anstalt in ihrem Streben eine möglichst freundliche Stellung einzunehmen, zu unterstützen? Sie können, wie jeder Ihrer Kollegen versichert sein, daß, so lange Unterzeichneter die Leitung in Händen hat, man an der Versuchsanstalt jeder sachlichen Einwendung und Belehrung gerne Gehör giebt, und daß sie auch benutzt wird, um gelegentlich die etwa erkannten Härten zu mildern, sobald die Versuchsanstalt ihre Stimme hierfür einsetzen kann."

Nachdem dieses Schreiben mehrere Wochen ohne Beantwortuug blieb, schrieb die Versuchsanstalt am 28. April d. J. wie folgt:

„Wie in dem Schreiben der Versuchsanstalt vom 29. v. M. bereits ausgesprochen, kann es nicht gleichgültig sein, daß Meinungen wie Sie sie in Ihrem Briefe vom 27. v. M. geäußert haben, bestehen bleiben. Die Versuchsanstalt muß Werth darauf legen, das Vertrauen der Industrie zu besitzen, und fragt daher ergebenst an, ob Sie sich inzwischen anderweitig davon überzeugt haben, daß die hier gefundene Zusammensetzung des Papiers richtig ist. Wenn Sie von dem Anerbieten der Versuchsanstalt, sich an Ort und Stelle von der sachgemäßen und einwandfreien Versuchsausführung zu überzeugen, keinen Gebrauch machen wollen, sondern es vorziehen, sich von der Richtigkeit des gefundenen Cellulosegehaltes an anderer Stelle zu überzeugen, so kann Ihnen ein Bogen des mit Ihrem Wasserzeichen versehenen Papiers zur Verfügung gestellt werden."

„Jedenfalls ersucht Sie die Versuchsanstalt, ihr Ihren Befund oder Ihre Entschließungen mitzutheilen, da die Versuchsanstalt aus den oben genannten Gründen die Sache zum Austrag bringen muß."

Auf ihr Ersuchen wurde der Fabrik am 2. Mai ein mit dem Stempel der Anstalt versehener halber Bogen des streitigen Papiers übersendet, zugleich wurde um Mittheilung des Ergebnisses der Kontrolprüfungen gebeten. Da nach Verlauf von vier Wochen noch keine Antwort eingelaufen war, so wurde diese mit Schreiben vom 2. Juni d. J. nochmals gefordert. Hierauf ging am 5. Juni folgende Antwort ein:

„In ergebener Erwiderung Ihres Geehrten vom 2. d. M. habe ich den halben Bogen untersuchen lassen und hat sich herausgestellt, daß Ihre Angabe

richtig ist. Den Fall zu untersuchen bin ich nicht im Stande, da die Anfertigung schon vor Monaten erfolgte und das betreffende Papier selbstverständlich längst verkauft und verbraucht ist."

Da die in den Briefen des Fabrikanten ausgesprochenen Anschauungen über die Leistungsfähigkeit der benutzten Papierprüfungsmethoden, über die Stellungnahme der Versuchsanstalt und über ihr Bestreben einen unfehlbaren Standpunkt einzunehmen, immer wieder zum Durchbruch kommen, muß die Versuchsanstalt Werth darauf legen, daß der stattgehabte Briefwechsel zur öffentlichen Kenntniß kommt. Häufig genug werden ähnliche Einwendungen versucht, wenn eine Behörde ein mangelhaftes Papier zurückweist, ohne daß diese Einwendungen zur Kenntniß der Versuchsanstalt kommen und von Fall zu Fall geprüft und widerlegt, oder nöthigenfalls zur Verbesserung der Methoden benutzt werden können. Wird aber die Gelegenheit zur Widerlegung ungerechtfertigter Einwände nicht gegeben und benutzt, so ist es leicht möglich, daß das bereits errungene Vertrauen eingebüßt wird, und daher muß die Versuchsanstalt diesen Fall öffentlich besprechen, obwohl die Grenzen der Zuverlässigkeit der mikroskopischen Schätzung, sowie die bei diesen Schätzungen gebräuchlichen Maßnahmen bereits in den „Mittheilungen" 1892, S. 7, zahlenmäßig erwiesen sind. Wirklich haltbare Einwendungen können in der That nur erhoben werden, wenn die am genannten Orte mitgetheilten Erfahrungen widerlegt werden. Werden aber solche Widerlegungen ernsthaft versucht, so muß das unter allen Umständen, mag der Erfolg positiv oder negativ sein, zur Vertiefung und Verbesserung der Versuchsmethoden führen, und dies kann natürlich der Versuchsanstalt ganz gewiß nicht weniger erwünscht sein, als irgend einem der Interessenten.

---

3. Holzschliffpapier.

Vom Abtheilungsvorsteher W. Herzberg.

Der Versuchsanstalt wurde im Anfang dieses Jahres von einer schlesischen Papierfabrik ein Exemplar der „Verhandlungen des schlesischen Forst-Vereins" aus dem Jahre 1852 (in Commission bei Graß, Barth & Comp., Verlagsbuchhändler in Breslau) übergeben, mit dem Ersuchen festzustellen, ob das zur Herstellung des Buches verwendete Papier, wie behauptet wurde, thatsächlich aus reinem Holzschliff bestehe. Das Buch sollte dem Museum des Riesengebirgs-Vereins als Seltenheit übergeben werden, da man es für das erste Werk hielt, welches auf Holzschliffpapier gedruckt ist.

Zunächst soll hier kurz auf einige Bemerkungen, welche sich auf Seite 250 ff. des erwähnten Werkes vorfinden und zum Theil auf dieses Bezug haben, im Interesse der Geschichte des Holzschliffes eingegangen werden. An genannter Stelle theilt der Oberförster Haaß in einem „Die Holzpapierfabrik zu Giersdorf bei Warmbrunn" überschriebenen Artikel mit, daß zu Anfang der 50er Jahre in [illegible] Maschinenpapierfabriken entstanden, die wegen vorhandener Wasserkr[illegible] Arbeitslöhne meist im Gebirge angelegt wurden.

Die Folge hiervon war eine gesteig[illegible] die sich bald in einer Preiserhöhung für diesen Rohstoff [illegible] und da ein wirklicher Mangel an Lumpen ein. Als Ersa[illegible] zur Anwendung gebracht worden, indessen befand[illegible] [illegible]fasertem Holz

immer noch im Anfangszustand der Entwickelung und die aus „Holzfaserstoff" erzeugten Papiere waren wegen ihrer Brüchigkeit wenig brauchbar.

Im Jahre 1851 kaufte nun der Papierfabrikant Grosse aus Brieg die Giersdorfer Papiermühle und verarbeitete hier im Verein mit dem Techniker Komes Fichtenholz (Rothtanne) im Alter von 60—80 Jahren, „welches fehlerfrei, gutwüchsig und geradspaltig sein mußte." Die Stämme wurden in Klötze von 2—3 Fuß Länge zersägt, die Aeste sorgfältig entfernt, worauf das „Zerfasern und Zermalmen" mittelst Wasserkraft nach einem „geheimen Verfahren" erfolgte. Die gewonnene Masse wurde durch Pressen vom Wasser befreit und dann an die Papierfabriken der Umgebung zur weiteren Verarbeitung abgegeben. Durch Zusatz von 50% dieses Stoffes zu Lumpenstoff sollte sich „ein durchaus schönes, dauerhaftes und festes Papier" bereiten lassen; die Holzmasse sollte „eine besondere Sauberkeit und Reinheit des Papiers ermöglichen."

Aber auch ohne jeden Zusatz sollte die Masse zur Herstellung von „haltbarem Schreib- und Druckpapier, sowie von Pappen" verwendet werden können, bei welchem die früheren Mängel des Holzpapiers, „das gering Haltbare und Brüchige" vollständig beseitigt sein sollten. Der Fabrikant versicherte, daß gerade der Harzgehalt des Fichtenholzes dazu dient, die „innige und dauernde Verfilzung der Holzfasern herbeizuführen, so daß die Eigenschaften der Festigkeit und Dichtigkeit vorwiegend sind." Der Stoff aus Weichhölzern wie Pappel, Linde, Weide ꝛc. sollte ein weniger festes Papier geben.

Als besonderer Vortheil des Holzpapiers wird noch angeführt, daß es, „wie angestellte Versuche bewiesen haben, die Druckerschwärze besser annimmt als Lumpenpapier." Von einer Bleiche versprach sich der Fabrikant eine fernere Verbesserung des Stoffes.

Zum Schluß heißt es:

> „Da diese Fabrik die erste im preußischen Staate ist und sobald die Hindernisse beseitigt sein werden, welche dem ersten Darsteller, wie dies in allen dergleichen Fällen unvermeidlich stattfindet und auch nicht füglich anders sein kann, entgegentreten, auch einträglich zu werden verspricht, so ist vorauszusehen, daß dieser Fabrikationszweig zu einer neuen, technischen Zugutemachung des Gebirgsfichtenholzes führen und zum Ruhme unserer gewerbthätigen Provinz, sowie zur Verwerthung einer dereinst vielleicht nicht unbeträchtlichen Holzmasse dienen wird."

Wie sehr man damals schon die große Bedeutung der am Anfang ihrer Entwickelung stehenden Holzschliffindustrie erkannte, beweist ferner ein Nachtrag, welcher zu dem obigen Artikel von dem Oberförster v. Pannewitz I verfaßt wurde und auf Seite 252 der „Verhandlungen" abgedruckt ist.

Es heißt dort:

> „Der Unterzeichnete, von der ungemein hohen Wichtigkeit dieser Erfindung innig durchdrungen, hat sich verpflichtet erachtet, selbige, so viel an ihm ist, zu befördern und zu ihrer Verbreitung und Bekanntwerdung beizutragen; als erster Beginn dieses Unternehmens ist die Veranstaltung zu betrachten, daß einige Exemplare der „Verhandlungen des Schlesischen Forstvereins" pro 1852 auf dem neuerfundenen Holzpapier abgedruckt und eins derselben Sr. Majestät dem Könige tiefster Ehrerbietung überreicht wird. Das über das Erwachen eines so

interessanten neuen Industriezweiges, welcher seine Elemente aus unseren Wäldern zu beziehen hat, zu verhoffende Allerhöchste Anerkenntniß dürfte für den Zweck weiterer Belebung gewiß von den segensreichsten Folgen sein, und wird Unterzeichneter nicht verfehlen, im kommenden Jahr über die gewiß allseitig nur als höchst wichtig anzuerkennende Angelegenheit hier ausführlichen weiteren Bericht zu erstatten." v. Pannewitz I.

Von diesen in dem Nachtrag erwähnten Exemplaren der „Verhandlungen" sollte das zur Begutachtung eingelieferte eins sein.

Das Buch zeigte sich äußerlich sehr gut erhalten und es erweckte den Anschein, als ob es wenig oder garnicht benutzt, sondern wohlverwahrt und unter Abschluß des Lichtes aufbewahrt worden sei. Eingeschickt wurde es in einer Papphülle, wie man sie häufig zum Schutze werthvoller Bücher verwendet. Die Blätter hatten eine gelblichweiße Farbe und zeigten zum größten Theil gelbe Flecke von der Größe eines Stecknadelknopfes bis zu der einer Erbse. Die Ursache der Flecke konnte nicht festgestellt werden, weil durch die hierfür nöthige Probeentnahme das Werk erheblich beschädigt worden wäre; wahrscheinlich handelt es sich aber um Pilzwucherungen. Von einer Vergilbung der einzelnen Blätter war nichts zu beobachten; nicht einmal die äußersten Ränder zeigten einen anderen Farbton als die inneren Theile. Auffallend erschien die große Weichheit des Papiers, welche in Verbindung mit dem guten Aussehen des etwa 40 Jahre alten Buches hinsichtlich des vermutheten Rohstoffes allerdings Zweifel erregen konnte. Nun zeigte aber die mikroskopische Untersuchung, daß das verwendete Papier thatsächlich aus reinem Holzschliff ohne jeden Zusatz einer anderen bindenden Faser hergestellt war. Hieraus dürfte wohl zunächst der Schluß zu ziehen sein, daß es sich um ein geschöpftes Papier handelt, da man auf der Maschine wohl kaum ein derartiges Produkt aus reinem Holzschliff würde erzeugen können.

Das Papier ist ungeleimt und hinterläßt beim Veraschen 0,6 % unverbrennliche Bestandtheile; es ist also auch frei von irgend welchen mineralischen Zusätzen. Bei der Festigkeitsprüfung, welche mit Streifen von 100 mm Länge und 10 mm Breite ausgeführt wurde, ergab sich eine

mittlere Reißlänge = 1860 Meter
„ Dehnung = 1,4 %.

Man könnte durch das gute Aussehen des Buches vielleicht zu der Annahme gelangen, daß die Ausdauerfähigkeit von Holzschliffpapier denn doch größer sei, als bisher angenommen wurde. Man lasse aber hierbei nicht außer Acht, daß, wie der Augenschein zeigt, das Buch der Einwirkung des Lichtes nicht ausgesetzt war, denn sonst müßte es unzweifelhaft Zeichen der Vergilbung tragen. Wäre es aber vielfach benützt und dem Licht ausgesetzt gewesen, so würde es sich voraussichtlich in einem erheblich verfalleneren Zustand befinden als jetzt.

Einige Streifen des Papiers wurden etwa 20 Stunden lang dem direkten Sonnenlicht ausgesetzt; schon nach dieser Zeit war die Vergilbung eine sehr merkbare; die Farbe des Papiers ging hierbei in eine gelbbraune über. Eine jahrelange Benutzung des Buches unter dem Einfluß von Luft und Licht würde es daher wohl bald in einen unbrauchbaren Zustand versetzt haben.

Für die Redaktion verantwortlich: A. Martens. — Verlag von Julius Springer in Berlin.

Druck von E. Buchbinder in Neu-Ruppin.

Mittheilungen
aus den
Königlichen technischen Versuchsanstalten
zu Berlin.
Herausgegeben im Auftrage
der Königlichen Aufsichts-Kommission.

XI. Jahrgang. 1893. Viertes Heft.

1. Bericht über die im Auftrage des Herrn Ministers für Handel und Gewerbe ausgeführten vergleichenden Untersuchungen von Seilverbindungen für Fahrstuhlbetrieb.

Vom stellvertretenden Vorsteher M. Rudeloff.

Theil II. Ergebnisse der Untersuchungen bei stoßweiser Inanspruchnahme.

Die Versuche, über deren Ergebnisse im Nachstehenden berichtet ist, bezweckten die Feststellung der verhältnißmäßigen Dauerhaftigkeit von verschiedenen Seilverbindungen, deren Verhalten bei stetig wachsender Belastung zuvor durch besondere Versuche bereits festgestellt war.[1])

Die Inanspruchnahme beim Versuch sollte derjenigen im Betriebe möglichst entsprechen. Sie mußte daher derart statthaben, daß zu einer an dem Seil und an der zu prüfenden Verbindung wirkenden ruhigen Belastung wiederholt eine stoßweise wirkende Belastung hinzutrat.

Zur Ausführung der Versuche wurden, nachdem die erforderlichen Mittel durch den Erlaß vom 7. Mai 1888 (U I 11328) bereitgestellt waren, im September des Jahres 1888 zwei Dauer-Versuchsmaschinen in Betrieb gesetzt, welche nach dem Entwurf des Vorstehers Professor Martens von der Maschinenfabrik E. Becker zu Berlin hergestellt waren. Die Anordnung dieser Maschinen ist aus der auf Taf. 1 gegebenen Darstellung ersichtlich. Das Probeseil ist bei senkrechter Lage mit dem oberen Ende in dem Kopf K des Maschinengestelles festgelegt und am unteren Ende mit dem Gewicht G belastet. Als Schlag- oder Fallgewicht (Schlagkolben) dient das Rohr R mit dem daran befindlichen starkwandigen Cylinder C, welcher beim Herabfallen mit seiner unteren Fläche unmittelbar und zentrisch auf den am Seil hängenden Gewichtssatz aufschlägt. Die Schlagwirkung wird hierbei durch den Gewichtssatz auf die Einspannvorrichtung und auf das Seil übertragen. Das Anheben des Fallgewichtes erfolgt von der mechanisch betriebenen Kurbelscheibe L aus durch die Zugstange Z und den gleicharmigen Hebel $H \sim H_1$ an zwei mittelst eines Schellenpaares P seitlich an dem Rohr angebrachten Zugseilen S. Bei Umkehr der Bewegung des Hebels wird das Rohr mit dem Fallgewicht durch den Sperrring B abgefangen und solange in seiner höchsten Stellung festgehalten, bis der Sperrring durch den Nasenhebel N gelockert wird. Die Bethätigung des Nasenhebels N erfolgt durch die

[1]) Mittheilungen aus den technischen Versuchsanstalten 1888. Ergänzungsheft V.

Druckstange D von dem Hebel H_1 aus. Sie ist durch richtige Einstellung der Muttern M an der Stange D derart geregelt, daß die Lockerung des Ringes B erst erfolgt, nachdem die Enden der Zugseile S durch Abwärtsbewegung des Hebelendes soweit herabgelassen sind, daß diese Seile das fallende Schlaggewicht nicht mehr abfangen, sondern auch beim Aufschlagen des letzteren auf den Gewichtssatz noch schlaff bleiben. Die gewünschte Hub- oder Fallhöhe des Schlaggewichtes wird durch Einstellung des Kurbelzapfens an der Kurbelscheibe erzielt. Letztere ist zu diesem Zweck mit einem radialen Schlitz versehen, dessen Länge eine Veränderung des Hubes von 0 bis 500 mm zuläßt. Um ein Schleifen des Fallgewichtes gegen das Probeseil zu verhüten ist in die oberste der Scheiben, aus denen das Belastungsgewicht G zusammengesetzt ist, ein Rohrstück r eingelassen, durch welches das Seil hindurchgeht und dessen äußerer Durchmesser um einige mm kleiner ist als der lichte Durchmesser des Rohres mit dem Fallgewicht. Letzteres findet also sowohl beim Anheben als auch beim Herabfallen an dem Rohrstück r hinreichend Führung, sodaß es das Seil nicht berührt. Der Antrieb der Kurbelscheibe erfolgt mechanisch durch ein Vorgelege, bestehend aus den beiden Riemenscheiben A und A_1 und dem auf der Achse der letzteren sitzenden Stirnrade St. Letzteres greift unmittelbar in die außen gezahnte Kurbelscheibe ein.

Die Anzahl der Schläge, d. h. der Umdrehungen der Kurbelscheibe, konnte an einem Zählwerk abgelesen werden, welches von der Welle der Kurbelscheibe aus bethätigt wurde.

Bei den einzelnen Versuchsreihen wurde die Fallhöhe, d. h. die Entfernung der unteren Fläche des durch den Sperrring abgefangenen Schlaggewichtes von der oberen Fläche der ruhenden Belastungsgewichte mit Hülfe eines Stichmaaßes kontrolirt. Hierbei zeigte sich anfänglich eine allmähliche Verringerung der Fallhöhe in Folge Gleitens des Schellenpaares P beim Aufschlagen des Fallgewichtes. Um diesem Uebelstande abzuhelfen, wurden die Schellen nach dem Anschrauben durch Holzlatten[1]) gegen die obere Fläche des cylindrischen Fallgewichtes abgesteift. Das Gewicht der Steifen wurde in das Fallgewicht mit eingerechnet, ebenso auch das Gewicht der Schellen, sowie der Augenschrauben a zum Befestigen der Zugseile.

Die Maschinen haben sich im Prinzip gut bewährt; nur kamen in Folge der zahlreichen heftigen Stöße, welchen das Fallgewicht und die mit diesem verbundenen Theile ausgesetzt waren, wiederholt Brüche an den genannten Theilen vor, welche jedesmal zu längeren Betriebsstörungen Veranlassung gaben. Ganz besonders gilt dies von den Brüchen des Rohres an der Austrittsstelle aus dem cylindrischen Schlaggewicht.

Als Konstanten der Maschinen, deren Größen zur Berechnung der ruhenden Last und des Fallgewichtes oder der erforderlichen Schlaghöhe herangezogen werden mußten, wurden durch Gewichtserhebungen ermittelt

1. die Gewichte der einzelnen Belastungsscheiben,
2. die Gewichte der Fallbären (Schlagkolben),
3. die Gewichte der Schellenpaare und der Augenbolzen zum Festlegen der Zugseile.

Die hierfür bei Anlieferung der Maschinen gefundenen Werthe sind in Tab. 1 zusammengestellt. Auch sind in dieser Tabelle die Aenderungen der genannten Konstanten aufgeführt, welche sich als Folge der oben erwähnten Reparaturen ergaben.

[1]) Die Befestigung der Schellen durch festes Anklemmen oder mittelst Spitzenschrauben gelang nicht, weil das Schlagmoment der Schellen alle ähnlichen Verbindungen überwand.

Tabelle 1. Die Konstanten der Maschinen.

Laufende Nr.	Benennung des Stückes	Maschine I			Maschine II		
		Gewichte		Hinweis auf eingetretene Aenderungen	Gewichte		Hinweis auf eingetretene Aenderungen
		kg	g		kg	g	
	A. Im ursprünglichen Zustande.						
1	Deckel zum Gewichtssatz . . .	63	—	—	63	—	—
2	Boden	75	500	—	75	500	—
3	Gewichtsplatte 1	40	800	—	40	900	—
4	„ 2	38	100	—	38	250	—
5	„ 3	38	—	—	37	850	—
6	„ 4	38	—	—	37	950	—
7	„ 5	38	—	—	38	50	—
8	„ 6	38	100	—	38	150	—
9	„ 7	38	250	—	38	200	—
10	„ 8	38	250	—	38	150	—
11	„ 9	38	—	—	38	300	—
12	„ 10	38	100	—	38	350	—
13	„ 11	8	550	—	8	600	—
14	„ 12	8	900	—	8	650	—
15	„ 13	8	600	—	8	700	—
16	„ 14	8	650	—	8	800	—
17	„ 15	8	600	—	8	750	—
18	„ 16	8	900	—	8	700	—
19	3 lange Schrauben	5	710	—	5	710	—
20	3 kurze Schrauben	3	330	—	3	340	—
21	Großer Schlagkolben	48	200	B 2 u. 4	49	300	B 3 u. 7
22	Kleiner Schlagkolben	25	900	B 8	26	600	B 1
23	2 Schellen mit Schrauben . .	3	580	B 9	3	520	
24	2 Augenbolzen	1	80	B 6	1	80	B 5
	B. Nach Ausführung der nothwendigen Reparaturen.						
1	Kleiner Schlagkolben	—	—	—	26	—	—
2	Großer Schlagkolben	47	—	B 4	—	—	—
3	desgl.	—	—	—	47	100	B 7
4	desgl.	53	—	—	—	—	—
5	2 Augenbolzen	—	—	—	1	255	—
6	desgl.	1	425	—	—	—	—
7	Großer Schlagkolben	—	—	—	53	600	—
8	Kleiner Schlagkolben	24	420	—	—	—	—
9	2 Schellen mit Schrauben . .	3	345	—	—	—	—

I. Die Versuchsausführung.

Als Seilmaterial dienten zu allen Versuchen Abschnitte von dem auch zu der Prüfung mit stetig wachsender Belastung verwendeten Seil aus Stahldraht mit folgenden Eigenschaften:

Anzahl der Drähte	84
Durchmesser der Drähte	1,3 mm
Mittlere Bruchlast der Drähte	116 kg
Anzahl der Litzen im Seil	6
Seildurchmesser	17,5 mm
Mittlere Bruchlast des Seiles	8940 kg
Mittlere Bruchdehnung des Seiles	5,5 %.

Für jede Verbindung wurde immer ein neuer Seilabschnitt verwendet, um möglichst bei allen Versuchsreihen gleiche Antheile der gegebenen Schlagarbeiten in elastische Arbeit des Seiles überzuführen, oder mit anderen Worten, um die Verbindungen gleichartig zu beanspruchen.

Die zu prüfende Verbindung wurde in der Regel am unteren Ende des Seiles angebracht, sodaß die Belastungsgewichte unmittelbar auf der Verbindung ruhten. In diesem Fall war das obere Seilende in einer zur Maschine gehörigen Seilklemme festgelegt, welche gegen Verschiebung gesichert auf der Kopfplatte der Maschinen stand und nach Art der Baumannschen Klemme wie folgt hergerichtet war: Ein Ring E aus gegossenem Stahl, welcher zur vermehrten Sicherung auch noch mit zwei schmiedeisernen Schrumpfringen F armirt ist, trägt im Innern drei um 120° gegen einander versetzte stählerne Einsatzstücke J, welche nach unten konvergirende Gleitbahnen für Keile bilden. Diese Keile O sind auf den einander zugewendeten Flächen mit Einsatzstücken aus Weißmetall versehen, welche Abdrücke der Seiloberfläche darstellen, sodaß die äußeren Drähte der zwischen die Keile gebrachten Seilprobe sich in passende Riefel einlegen. Um ein gleichmäßiges Vorgehen der drei Keile beim Belasten des Seiles sicherzustellen, sind ihre Greifflächen am oberen Ende zur Aufnahme eines Ringes T ausgespart.

Die folgenden Verbindungen: Das Reibungsseilgehänge, das Otisgehänge und der Schwanenhals ließen sich ihrer Abmessungen wegen am unteren Seilende nicht anbringen. Sie wurden daher mit dem oberen Seilende verbunden und unter Anwendung geeigneter, möglichst starrer Zwischenstücke unmittelbar an der Kopfplatte des Maschinengestelles festgelegt. Am unteren Seilende gelangte dann gleichzeitig entweder eine Baumannsche Seilklemme oder ein Kortümsches Seilschloß zur Anwendung.

Die Einzelheiten hinsichtlich der benutzten Verbindungen sind aus den nachstehend aufgeführten Versuchsprotokollen ersichtlich. Bezüglich der Stufen, in denen die Fallhöhen bei den einzelnen Versuchsreihen gesteigert wurden, muß ebenfalls auf diese Protokolle verwiesen werden. Zu den hierin angegebenen Schlagarbeiten bleibt Folgendes zu bemerken.

In Ansatz gebracht und bei den später angestellten Betrachtungen über die Leistung der einzelnen Verbindungen in Rücksicht gezogen ist als Schlagarbeit unmittelbar das Produkt aus der Fallhöhe des Schlagkolbens in Metern und dessen Gewicht in Kilogrammen. In Wirklichkeit war die Inanspruchnahme der Verbindungen eine geringere, weil ein Theil dieser geleisteten Gesammtschlagarbeit, der vorhandenen Energie, aufgewendet werden mußte, um das an dem Seil hängende Gewicht von dem Zustand der Ruhe in den der Bewegung überzuführen.

Diesen für die Inanspruchnahme der Verbindungen verloren gegangenen Theil der Energie, den Verlust an Schlagarbeit, auf dem Wege der Rechnung zu ermitteln, erschien nicht thunlich, da nicht nur die bekannten Größen [illegible] bewegten Massen, sondern auch der unbekannte Reibungswiderstand dieser Massen an [illegible] in die Rechnung hätte eingeführt werden müssen. Um den Arbeitsverlust [illegible] ermitteln, sind Versuche eingeleitet, deren Ergebnisse später veröffentlicht [illegible]

Wenn aber trotz des bestehenden Arbeitsver[illegible]r Leistungen der einzelnen Verbindungen die Gesammtschlagarbeiten [illegible] erschien dies zulässig, weil die erhaltenen Ergebni[illegible] Schlagw[illegible]rthe, sondern nur als Vergleichswerthe angesproch[illegible]

Die ruhenden Belaſtungen blieben für alle Verſuche auf derſelben Maſchine konſtant; ſie betrugen etwa 490 und 355 kg, alſo etwa 5,5 und 4 % der Seilfeſtigkeit, oder etwa die Hälfte der nach den Berliner Polizeivorſchriften für Aufzugſeile zuläſſigen Belaſtung.

II. Verſuchs-Protokolle.

a. Verſuche auf der Maſchine I.

Verſuch Nr. 1: Koniſche Seilbüchſe mit eingelegtem Ring (Fig. 1; gez. D).[1])

Die Seilbüchſe war an dem unteren Seilende angebracht; das obere Seilende war in dem zur Maſchine gehörigen Gehäuſe feſtgelegt.

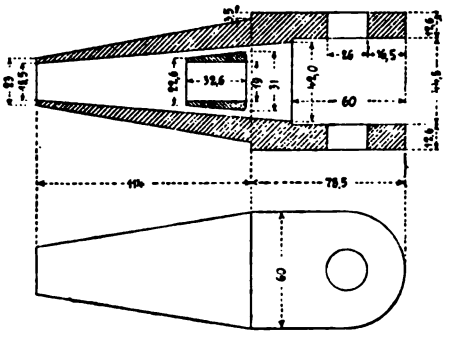


Fig. 1.

Zeitdauer des Verſuches		Größe der Inanſpruchnahme				Zahl der gegebenen Schläge	Geleiſtete Schlagarbeit mkg	Bemerkungen
von	bis	Ruhende Belaſtung kg	Schlaggewicht kg	Schlaghöhe m	Schlagarbeit pro Schlag mkg			
27. IX. 88	26. X. 88	490	30,56	0,097	2,96	87 320	258 467	Bruch

Der Bruch erfolgte in der koniſchen Seilbüchſe, indem ſämmtliche um den Ring gelegten Drähte abriſſen. (Vgl. Fig. 1 Taf. 2.)

Verſuch Nr. 2: Koniſche Seilbüchſe mit eingelegtem Ring (gez. D).

Einſpannweiſe wie bei Verſuch Nr. 1.

Zeitdauer des Verſuches		Größe der Inanſpruchnahme				Zahl der gegebenen Schläge	Geleiſtete Schlagarbeit		Bemerkungen
von	bis	Ruhende Belaſtung kg	Schlaggewicht kg	Schlaghöhe m	Schlagarbeit pro Schlag mkg		unter gleicher Schlaghöhe mkg	ins Geſammt mkg	
29. X. 88	22. XII. 88	490	30,56	0,049	1,5	199 800	299 700	—	—
29. XII. 88	19. I. 89	490	30,56	0,065	2,0	65 800	131 600	431 300	Bruch

Bruch wie bei Verſuch Nr. 1.

[1]) Die Bezeichnungen der Seilverbindungen ſind die gleichen wie bei der Unterſuchung unter ſtetig [illegible]ung. („Mittheilungen" 1888. Ergänzungsheft V.)

Versuch Nr. 3: Kortümsches Seilschloß alter Konstruktion (Fig. 2; gez. A).

Einspannweise wie bei Versuch Nr. 1.

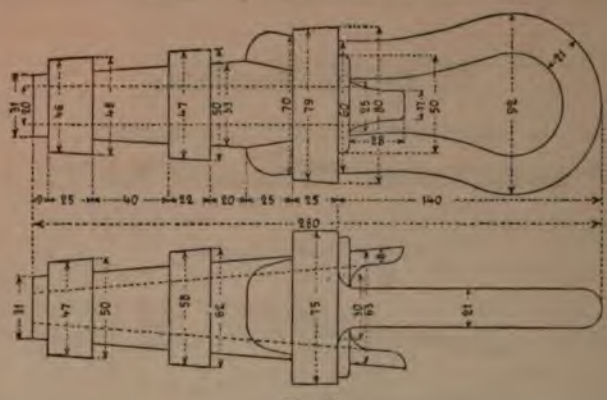


Fig. 2.

Zeitdauer des Versuches		Größe der Inanspruchnahme				Zahl der Schläge	Geleistete Schlagarbeit		Senkung des Belastungsgewichtes	Bemerkungen
von	bis	Ruhende Belastung kg	Schlaggewicht kg	Schlaghöhe m	Schlagarbeit pro Schlag mkg		unter gleicher Schlaghöhe mkg	ins Gesammt mkg	mm	
21. I. 89	11. II. 89	490	30,56	0,049	1,5	80650	120975	—	8,0	
12. III. 89	13. III. 89	490	30,56	0,049	1,5	119100	178650	299625	—	
14. III. 89	28. III. 89	490	30,56	0,098	3,0	50000	150000	449625	11,0	
30. III. 89	19. IV. 89	490	30,56	0,147	4,5	50000	225000	674625	17,0	
24. IV. 89	4. V. 89	490	30,56	0,245	7,5	32800	246000	920625	71,0	Das obere Seilende zieht sich aus der zur Maschine gehörigen Einspannung heraus. Die Gleitflächen der Keile sind verrostet. Das Ende wird nach Instandsetzung der Keile von neuem eingelegt.
8. V. 89	11. V. 89	490	30,56	0,245	7,5	17200	129000	1049625	3,0	
13. V. 89	29. V. 89	490	30,56	0,343	10,5	50000	525000	1574625	7,0	
31. V. 89	5. VI. 89	490	52,86	0,280	14,8	11000	162800	1737425	—	Der Schlagkolben brach an der Verbindungsstelle mit dem Rohr ab. Letzteres wird nachgedreht und wieder warm eingesetzt. Das Kolbengewicht ist hierdurch auf 47 kg verringert.
21. VI. 89	4. VII. 89	490	51,66	0,2872	14,8	39000	577200	2314625	—	
8. VII. 89	5. VIII. 89	490	51,66	0,3405	17,6	50000	880000	3194625	—	
13. VIII. 89	28. VIII. 89	490	51,66	0,4045	20,9	40600	848540	4043165	—	Der Kolben brach wieder ab. Versuch beendet.

Beim Auseinandernehmen der Verbindungen des Seiles zeigt sich, daß:

1. in der oberen Einspannung (Keile tragen wie bei der Baumannschen Klemme auf den Greifflächen Abdrücke des Seiles) etwa 50 mm von der Unterkante der Keile zuerst zwei Litzen zerdrückt sind und an dieser Stelle mehrere Drahtbrüche haben;

2. in der unteren Einspannung (Kortümsches Seilschloß) sind die Zähne der Keile in die Litzen eingedrungen und haben die Drähte hierbei zur Seite geschoben. Auf etwa 40 mm Länge vertheilt zeigen sich an den unteren Keilenden acht Drahtbrüche an den Druckstellen der Zähne und ferner ein Drahtbruch ohne Druckstelle, d. h. dort wo die Keile das Seil nicht berührten.

Versuch Nr. 4: Zweitheilige Baumannsche Seilklemme (Fig. 3; gez. L).

Einspannweise wie bei Versuch Nr. 1.

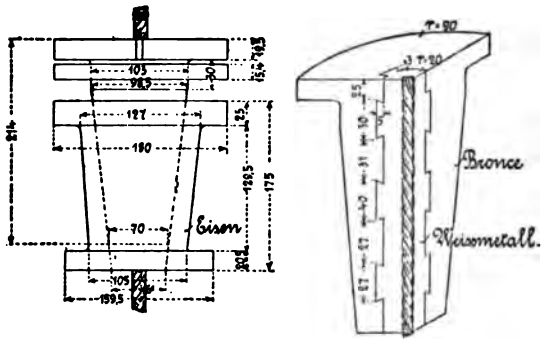


Fig. 3.

Zeitdauer des Versuches		Größe der Inanspruchnahme				Zahl der Schläge	Geleistete Schlagarbeit		Senkung des Belastungsgewichtes	Bemerkungen
von	bis	Ruhende Belastung kg	Schlaggewicht kg	Schlaghöhe m	Schlagarbeit pro Schlag mkg		unter gleicher Schlaghöhe mkg	ins Gesammt mkg	mm	
9. IX. 89	25. IX. 89	490	30,56	0,196	6,0	51 500	309000	—	2	Der Versuch mußte vom 19. XI. 89 bis 13. II. 90 ruhen, weil die Schlagarbeit von 15 mkg mit dem kleinen Kolben nicht erreicht werden konnte und der große Kolben sich in Reparatur befand.
26. IX. 89	24. X. 89	490	30,56	0,261	8,0	69 400	555200	864200	4	
25. X. 89	19. XI. 89	490	30,56	0,392	12,0	50 400	604800	1469000	—	
13. II. 90	12. III. 90	490	58,84	0,255	15,0	50 000	750000	2219000	10	
12. III. 90	5. IV. 90	490	58,84	0,306	18,0	50 000	900000	3119000	15	
11. IV. 90	14. V. 90	490	58,84	0,357	21,0	50 000	1050000	4169000	20	
31. V. 90	12. VI. 90	490	58,84	0,408	24,0	27 200	652800	4821800	—	Schlagkolb. gebroch., Versuch beendet.

Beim Herausnehmen des Seiles konnten äußerlich Drahtbrüche oder sonstige Beschädigungen der Seilenden nicht wahrgenommen werden.

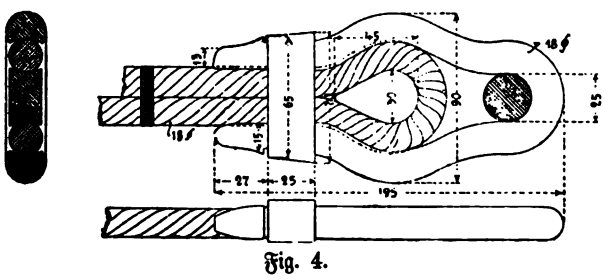


Fig. 4.

Versuch Nr. 5: Otisgehänge für 18 mm Seil (Fig. 4; gez. G) **als obere Seilbefestigung und dreitheilige Baumannsche Seilklemme** (Fig. 5; gez. M) **am unteren Ende.**

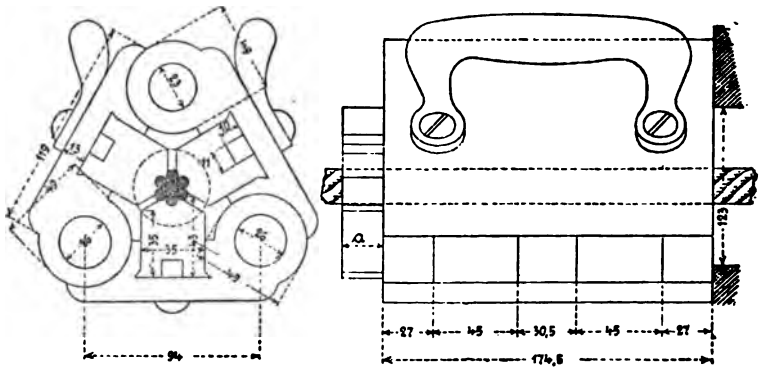


Fig. 5.

Zeitdauer des Versuches		Größe der Inanspruchnahme				Zahl der Schläge	Geleistete Schlagarbeit		Senkung des Belastungsgewichtes	Bemerkungen
von	bis	Ruhende Belastung kg	Schlaggewicht kg	Schlaghöhe m	Schlagarbeit pro Schlag mkg		unter gleicher Schlaghöhe mkg	ins Gesammt mkg	mm	
16. VI. 90	10. VII. 90	490	31,37	0,191	6,0	50 000	300 000	—	5	
12. VII. 90	28. VII. 90	490	31,37	0,256	8,0	28 500	228 000	528 000	—	Bruch des Schlagrohres; Versuch zwecks Reparatur unterbrochen.
21. VIII. 90	20. IX. 90	490	29,89	0,277	8,3	21 500	178 450	706 450	13	
30. IX. 90	31. X. 90	490	29,89	0,403	12,0	48 600	583 200	1289 650	—	Bruch des Otisgehänges.

Wie Fig. 2 und 3, Taf. 2 zeigen, war der Spannring zersprengt. Ferner sind zwei Litzen des Seiles an der Berührungsstelle mit dem eingelegten Herzstück bei a ganz durchgerissen. Die eine dieser Litzen enthält auf der anderen Seite (s. Fig. 4, Taf. 2) bei b, die andere bei c ebenfalls einen Drahtbruch. Die übrigen Litzen zeigen mehr oder weniger starke Verschiebungen der Drähte und bei c und d (Fig. 3 und 4, Taf. 2) an den Berührungsstellen mit dem Bügel Drahtbrüche.

Versuch Nr. 6, ausgeführt mit dem **Friktionsseilgehänge** (Fig. 6; gez. C) **als obere und mit der dreitheiligen Baumannschen Klemme** (gez. M) **als untere Einspannung,** bildete die Fortsetzung des Versuches 5 auf der Maschine II. Seine Ergebnisse sollen daher im Anschluß an den letzteren mitgetheilt werden.

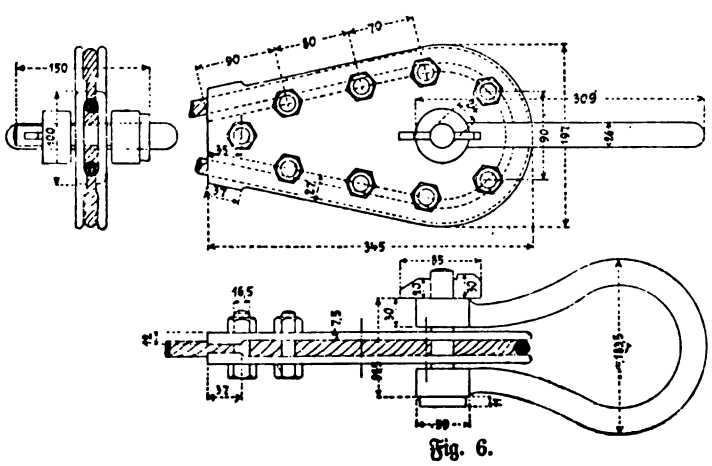


Fig. 6.

Versuch Nr. 7: Friktionsseilgehänge und zweitheilige Baumannsche Klemme wie bei Nr. 6.

Zeitdauer des Versuches		Größe der Inanspruchnahme				Zahl der Schläge	Geleistete Schlagarbeit		Senkung des Belastungsgewichtes	Bemerkungen
von	bis	Ruhende Belastung kg	Schlaggewicht kg	Schlaghöhe m	Schlagarbeit pro Schlag mkg		unter gleicher Schlaghöhe mkg	ins Gesammt mkg	mm	
17. XI. 91	19. XII. 91	490	29,76	0,202	6,0	50 000	300 000	—	—	
23. XII. 91	24. II. 92	490	29,76	0,269	8,0	50 000	400 000	700 000	7	
28. II. 92	20. V. 92	490	29,76	0,403	12,0	50 000	600 000	1 300 000	10	
1. VI. 92	17. XI. 92	490	58,37	0,257	15,0	50 000	750 000	2 050 000	—	Seil zerstört.

Beim Beginn der vierten Reihe am 1. VI. 92 wurden Anzeichen von Zerstörung nicht beobachtet. Die Schellen hatten sich um Weniges schief gestellt. Nach 50000 Schlägen mit 15 mkg Schlagarbeit wurden im losen Seiltrum zwischen der oberen Schelle und Unterkante Schildplatte (vergl. Fig. 5, Taf. 2) bei a auf einer Länge von etwa 40 mm zahlreiche Drahtbrüche wahrgenommen. Der Versuch wurde abgebrochen, die Verbindung gelöst und der Zustand des Seiles sowohl äußerlich als auch durch Lostrennung der einzelnen Litzen und Drähte eingehend untersucht. Das Ergebniß war folgendes:

1. Loses Seiltrum.

An der in Fig. 5, Taf. 2 mit a bezeichneten Stelle war

Litze I (s. Fig. 6 und 7, Taf. 2) vollständig durchgerissen. Von den Brüchen der zehn Deckdrähte liegen sieben an der Oberfläche des Seiles, drei in der Berührungslinie mit der benachbarten Litze VI. Die Brüche der vier Kerndrähte liegen unter denen der erstgenannten sieben Deckdrähte; zwei dieser Drähte sind 40 mm von dem außenliegenden Bruch entfernt an den Berührungsstellen mit der benachbarten Litze II im Innern des Seiles nochmals gebrochen.

Litze II (Fig. 6 und 7, Taf. 2) ist gleichfalls vollständig durchgerissen. Drei Drähte, deren Brüche zu Tage an der Seiloberfläche liegen, ausgenommen, sind alle Drähte im Seilinnern an ausgeprägten Druckstellen gerissen, welche durch Berührung mit der benachbarten Litze veranlaßt sind. Die Brüche liegen dementsprechend nach einander auf einer Schraubenlinie und zwar sowohl die der Deckdrähte als auch darunter die der Kerndrähte. Zwei Deckdrähte und ein Kerndraht sind zweimal gerissen. Die Abstände beider Brüche von einander betragen bei den ersteren 40 mm, bei dem Kerndraht 20 mm.

Litze III (Fig. 7, Taf. 2) enthält vier gebrochene Deckdrähte. Von den Brüchen liegen drei hintereinander an der Oberfläche und zwar dort, wo die Deckdrähte die Kerndrähte überschneiden; der vierte Bruch liegt im Innern des Seiles an der Berührungsstelle mit der Nachbarlitze. Demgemäß zeigen die drei ersteren am Bruch Druckstellen auf der inneren, der vierte eine Druckstelle auf der äußeren Seite.[1])

Litze IV zeigt einen Drahtbruch an der Seiloberfläche.

Litze V ist ohne Bruch und

Litze VI (Fig. 6, Taf. 2) enthält drei Drahtbrüche, hiervon zwei im Innern des Seiles und den dritten etwa 40 mm von den ersteren entfernt an der Seiloberfläche.

[1]) Vergl. die Ergebnisse der mikroskopischen Untersuchung von A. Martens des am 21. Dezember 1892 auf der Steinkohlenzeche Fürst Hardenberg gebrochenen Förderseils. „Mittheilungen" 1884, S. 24—32.

2. Belastetes Seiltrum.

An der in Fig. 5, Taf. 2, mit b bezeichneten Stelle, am unteren Rande des zweiten Schellenpaares sind die Litzen I und IV unverletzt.

Litze II (s. Fig. 8, Taf. 2) enthält an der Seiloberfläche drei Drahtbrüche und einen vierten Bruch daneben in der Berührungslinie mit der Nachbarlitze.

Litze III (s. Fig. 8, Taf. 2) zeigt an der Außenseite einen Drahtbruch; beim Auflösen der Litze brach auch der links daneben gelegene Draht durch. Er zeigte einen elliptisch begrenzten Anbruch mit ebener, körniger, matter Fläche, welche von einer Druckstelle des Kerndrahtes ausgehend etwa den halben Querschnitt des Drahtes einnimmt. Der beim Auslösen des Drahtes erzeugte frische Bruch verläuft uneben und zeigt feinschuppiges Gefüge.

Die Litzen V und VI enthalten an der Oberfläche je einen Drahtbruch (s. Fig. 9, Taf. 2).

An dem oberen Rande desselben Schellenpaares, bei c in Fig. 5, weist die Litze II erhebliche Abschürfungen und die Litze III einen Drahtbruch auf (vergl. Fig. 9). Die übrigen Litzen sind an dieser Stelle unverletzt.

An dem oberen Schellenpaar und zwar an dessen dem Querschnitt c (Fig. 5) zugewendeten Rande enthält die Litze I zwei Drahtbrüche an der Oberfläche (s. Fig. 10, Taf. 2). Beim Auflösen des Seiles zeigt sich in demselben Litzen-Querschnitt ein dritter Deckdraht an der Berührungsstelle mit der Nachbarlitze und auch ein Kerndraht gebrochen. Ferner war einer der beiden erstgenannten Drähte 40 mm von der außen erkennbaren Bruchstelle entfernt und zwar nach dem Schloß zu im Innern des Seiles nochmals gerissen. Auch unter dieser zweiten Bruchstelle des Deckdrahtes lag ein Bruch eines Kerndrahtes.

Die Lage dieser letzteren Brüche entspricht der in Fig. 5 mit d bezeichneten Druckstelle des oberen Schellenrandes. Hier zeigen ferner an der Oberfläche des Seiles Litze I (Fig. 11) einen Bruch, Litze III (Fig. 10) drei Brüche und Litze VI (Fig. 11) zwei Brüche. Schließlich zeigt die Litze III an der Druckstelle der in Fig. 5, Taf. 2 mit e bezeichneten Schraube erhebliche Verschiebungen der Deckdrähte, welche die Kerndrähte zu Tage treten lassen (s. Fig. 12).

b. Versuche auf der Maschine II.

Versuch Nr. 1: Konische Seilbüchse zum Vergießen (Fig. 7, S. 187; gez. E).

Die Seilbüchse war an dem unteren Seilende angebracht; das obere Seilende war in dem zur Maschine gehörigen Gehäuse festgelegt.

Zeitdauer des Versuches		Größe der Inanspruchnahme				Zahl der Schläge	Geleistete Schlagarbeit		Senkung des Belastungsgewichtes	Bemerkungen
von	bis	Ruhende Belastung kg	Schlaggewicht kg	Schlaghöhe m	Schlagarbeit pro Schlag mkg		unter gleicher Schlaghöhe mkg	ins Gesammt mkg	mm	
13. IX. 88	17. X. 88	355	31,2	0,097	3,0	100 035	300 105	—	2	
17. X. 88	20. X. 88	355	31,2	0,188	5,9	9 765	57 614	357719	—	
25. X. 88		355	31,2	0,256	8,0	10 000	80 000	437719	47	eine Litze gerissen.
	19. XI. 88	355	31,2	0,256	8,0	53 000	424 000	861719	—	
20. XI. 88	22. XI. 88	355	31,2	0,384	12,0	7 000	84 000	945719	49	
23. XI. 88	24. XI. 88	355	31,2	0,384	12,0	7 800	93 600	1039319	119	
24. XI. 88	24. XI. 88	355	31,2	0,384	12,0	1 156	13 872	1053191	—	Bruch.

Versuch Nr. 2: Konische Seilbüchse zum Vergießen (gez. E).

Anordnung wie bei Versuch Nr. 1.

Zeitdauer des Versuches		Größe der Inanspruchnahme				Zahl der Schläge	Geleistete Schlagarbeit		Senkung des Belastungsgewichtes	Bemerkungen
von	bis	Ruhende Belastung kg	Schlaggewicht kg	Schlaghöhe m	Schlagarbeit pro Schlag mkg		unter gleicher Schlaghöhe mkg	ins Gesammt mkg	mm	
3. XII. 88	14. XII. 88	355	31,2	0,256	8,0	34 900	279 200	—	3	
15. XII. 88	22. XII. 88	355	31,2	0,256	8,0	13 000	104 000	383 200	13	
28. XII. 88	31. XII. 88	355	31,2	0,256	8,0	10 700	85 600	468 800	—	Schlagrohr gebrochen.
12. I. 89	14. I. 89	355	30,6	0,261	8,0	3 300	26 400	495 200	23	
15. I. 89	17. I. 89	355	30,6	0,261	8,0	8 700	69 600	564 800	38	
17. I. 89	18. I. 89	355	30,6	0,261	8,0	5 100	40 800	605 600	—	Bruch.

Der Bruch erfolgte bei beiden Versuchen vorne am Einguß. Die einzelnen Drahtbrüche vertheilen sich auf 40—50 mm Seillänge.

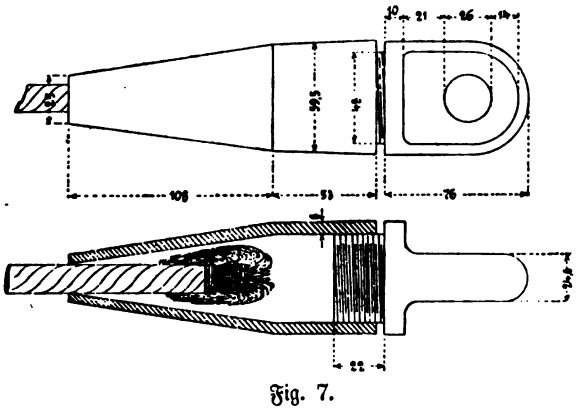


Fig. 7.

Versuch Nr. 3: Konische Seilbüchse zum Vergießen (gez. E).

Anordnung wie bei Versuch Nr. 1.

Zeitdauer des Versuches		Größe der Inanspruchnahme				Zahl der Schläge	Geleistete Schlagarbeit		Senkung des Belastungsgewichtes	Bemerkungen
von	bis	Ruhende Belastung kg	Schlaggewicht kg	Schlaghöhe m	Schlagarbeit pro Schlag mkg		unter gleicher Schlaghöhe mkg	ins Gesammt mkg	mm	
2. I. 89	25. I. 89	355	30,6	0,196	6,0	7 650	45 900	—	8	
26. I. 89	31. I. 89	355	30,6	0,196	6,0	19 100	114 600	160 500	18	
1. II. 89	11. II. 89	355	30,6	0,196	6,0	31 900	191 400	351 900	30	
12. II. 89	23. III. 89	355	30,6	0,196	6,0	141 350	848 100	1200 000	—	
25. III. 89	17. IV. 89	355	30,6	0,245	7,5	44 400	333 000	1533 000	40	
25. IV. 89	9. V. 89	355	30,6	0,337	10,3	34 600	356 380	1889 380	44	
9. V. 89	11. V. 89	355	30,6	0,337	10,3	5 700	58 710	1948 090	—	Bruch.

Der Bruch erfolgte wie bei den Versuchen Nr. 1 und 2 in der Nähe des Einguſſes. Die Seile sind gänzlich durchgerissen (s. Fig. 13, Taf. 2). Einzelne Drähte zeigen verrostete Bruchflächen, und sämmtliche Drähte auf etwa 50 mm Länge von der Bruchstelle gerechnet stark verrostete Oberfläche.

Versuch Nr. 4: Kortümsches Seilschloß neuer Konstruktion (Fig. 8; gez. B).

Anordnung wie bei Versuch Nr. 1.

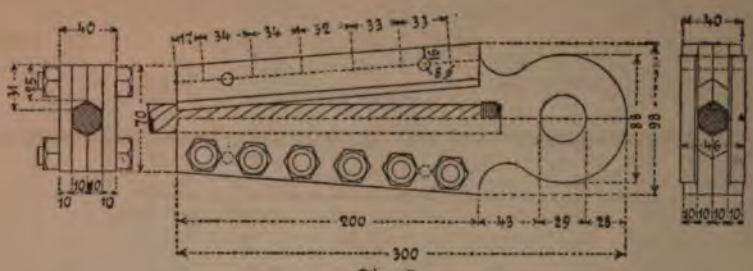


Fig. 8.

Zeitdauer des Versuches		Größe der Inanspruchnahme				Zahl der Schläge	Geleistete Schlagarbeit		Senkung des Belastungsgewichtes	Bemerkungen
von	bis	Ruhende Belastung kg	Schlaggewicht kg	Schlaghöhe m	Schlagarbeit pro Schlag mkg		unter gleicher Schlaghöhe mkg	ins Gesamt mkg	mm	
13. V. 89	20. V. 89	355	30,6	0,196	6,0	18 000	108 000	—	2	
21. V. 89	30. V. 89	355	30,6	0,196	6,0	33 500	201 000	309 000	—	
31. V. 89	19. VI. 89	355	30,6	0,261	8,0	50 000	400 000	709 000	14	
20. VI. 89	26. VI. 89	355	30,6	0,261	8,0	19 400	155 200	864 200	15	
1. VII. 89	13. VIII. 89	355	30,6	0,392	12,0	50 000	600 000	1464 200	—	
15. VIII. 89	20. VIII. 89	355	53,9	0,2783	15,0	15 800	237 000	1701 200	—	Schlagkolben zerbrochen; Versuch bis zur Wiederherstellung ausgesetzt.
26. VIII. 89	6. IX. 89	355	51,7	0,290	15,0	28 800	432 000	2133 200	—	Eine Aufhängeschraube gebrochen.
11. IX. 89	11. IX. 89	355	51,7	0,290	15,0	1 700	25 500	2158 700	—	Schlagkolben wieder zerbrochen. Versuch ausgesetzt, bis neues Rohr beschafft. Inzwischen Versuch Nr. 5 angestellt.
24. V. 90	27. V. 90	355	58,8	0,255	15,0	3 700	55 500	2214 200	—	Oberes Ende neu eingelegt.
30. V. 90	4. VIII. 90	355	58,8	0,306	18,0	50 000	900 000	3114 200	8	
5. VIII. 90	4. IX. 90	355	58,8	0,357	21,0	50 000	1050 000	4164 200	9	
5. IX. 90	4. X. 90	355	58,8	0,407	23,9	50 000	1195 000	5359 200	11	

Um die Untersuchung nicht allzusehr in die Länge zu ziehen, wurde der Versuch abgebrochen, ohne daß äußerlich Anzeichen vom Bruch wahrgenommen werden konnten.

Das Seil wurde unmittelbar am Schloß abgebunden und hinter der Abbindestelle durchgeschnitten. Beim Herausnehmen des Seilendes aus dem Schloß zeigten sich etwa 30 bis 70 mm von dem Ende der Keile entfernt folgende äußerlich erkennbare Drahtbrüche: in der Litze I deren vier (s. Fig. 14 und 15, Taf. 2), in der Litze II (Fig. 14 und 16) deren sechs, in Litze III deren zwei und ferner in Litze IV ein Drahtbruch; an den Litzen V und VI konnten Brüche äußerlich nicht wahrgenommen werden. Beim Auseinandernehmen des Seiles zeigte sich, daß die vier Kerndrähte der Litze II unter den Bruchstellen der Deckdrähte ebenfalls gebrochen waren und auch die Litze VI im Seilinnern einen Drahtbruch enthielt. Die beobachteten Brüche liegen fast ohne Ausnahme innerhalb der Druckstellen der Keilzähne; letztere lassen die Eindrücke einzelner Drähte erkennen. Von den Brüchen der Litze II liegt der innerste ebenfalls an der Druckstelle eines Zahnes, die übrigen dort, wo der Rand des Keiles die Litze überschneidet.

Die oberen längeren Zähne der Keile sind mehr oder weniger tief in das Seil eingedrungen und haben hierbei die Drähte verschoben (s. Fig. 15 und 16, Taf. 2). Das Seil ist hier breitgedrückt (die kleinsten und größten Durchmesser betragen etwa 16 und 21 mm), während das Seil am Ausgang der Keile Unterschiede von nur etwa 1 mm in zwei senkrecht zu einander stehenden Durchmessern zeigt. Drahtbrüche sind in dem stark flachgedrückten Theil des Seilendes nicht eingetreten.

Versuch Nr. 5: Friktionsseilgehänge (gez. C) als obere und **Baumannsche Klemme** (gez. M) als untere Einspannung.

Zeitdauer des Versuches		Größe der Inanspruchnahme				Zahl der Schläge	Geleistete Schlagarbeit		Senkung des Belastungsgewichtes	Bemerkungen
von	bis	Ruhende Belastung kg	Schlaggewicht kg	Schlaghöhe m	Schlagarbeit pro Schlag mkg		unter gleicher Schlaghöhe mkg	ins Gesammt mkg	mm	
13. I. 90	1. II. 90	355	31,2	0,192	6,0	51 500	309000	—	3	
3. II. 90	1. III. 90	355	31,2	0,2565	8,0	68 458	547664	856664	6	
4. III. 90	1. IV. 90	355	31,2	0,385	12,0	50 000	600000	1456664	16	
9. IV. 90	12. V. 90	355	58,8	0,255	15,0	50 000	750000	2206664	24	Schlaghöhe konnte nicht weiter gesteigert werden; Versuch daher abgebrochen und Baumannsche Klemme gelöst. Versuch später in Maschine I wieder aufgenommen.
6. XI. 90	10. XII. 90	490	29,9	0,348	10,4	50 000	520000	2726664	—	
15. XII. 90	25. IV. 91	490	29,9	0,405	12,1	50 000	605000	3331664	—	
17. VI. 91	8. IX. 91	490	60,2	0,349	21,0	50 000	1050000	4381664	16	Bruch einer Litze.

Da eine Litze gerissen ist, wird der Versuch abgebrochen. Der Bruch der Litze (s. Fig. 17, Taf. 2) liegt dort, wo anscheinend beim Beginn des Versuches der untere Rand der einen Schelle gesessen. Die beiden Schellenpaare sind eng zusammengerückt, das Seil hat sich in dem Gehänge schiefgezogen, sodaß das belastete Trum bis an die Nasen am unteren Ende der Schildplatten herangerückt ist.

Versuch Nr. 6: Deutscher Schwanenhals (gez. J) als obere und **Kortümsches Seilschloß** (gez. B) als untere Einspannung.

Zeitdauer des Versuches		Größe der Inanspruchnahme				Zahl der Schläge	Geleistete Schlagarbeit		Senkung des Belastungsgewichtes	Bemerkungen
von	bis	Ruhende Belastung kg	Schlaggewicht kg	Schlaghöhe m	Schlagarbeit pro Schlag mkg		unter gleicher Schlaghöhe mkg	ins Gesammt mkg	mm	
30. X. 90	27. XI. 90	355	30,6	0,196	6,0	50 000	300000	—	4	
5. XII. 90	2. V. 91	355	30,6	0,261	8,0	50 000	400000	700000	11	
22. V. 91	25. VIII. 91	355	30,6	0,392	12,0	50 000	600000	1300000	—	
27. VIII. 91	31. X. 91	355	30,6	0,490	15,0	50 000	750000	2050000	—	Zum Auswechseln des Fallgewichtes Kortümsches Schloß gelöst. Im Schloß war ein Draht gerissen. Beim Wiedereinlegen wurden die Keile möglichst in die alte Lage gebracht.
18. XI. 91	6. I. 92	355	58,9	0,306	18,0	50 000	900000	2950000	—	
12. I. 92	7. III. 92	355	58,9	0,357	21,0	50 000	1050000	4000000	—	

Das mit Hülfe des Kortümschen Seilschlosses eingespannte untere Seilende zeigte nach dem Lösen der Verbindung drei gebrochene Drähte. Von den Brüchen liegen zwei in verschiedenen Litzen etwa 25 mm vom unteren Keilende entfernt, der dritte Bruch liegt etwa 110 mm weiter nach oben und zwar in derselben Litze, welcher einer der beiden erstgenannten Brüche angehört. An der oberen Bruchstelle ist eine erhebliche Verdrückung des Drahtes nicht wahrzunehmen. An den beiden unten gelegenen Bruchstellen sind die Drähte blank gescheuert und abgeschlissen.

Das in dem deutschen Schwanenhals festgelegte obere Seilende zeigte an den drei Durchgangsstellen der Niete folgende Beschädigungen:

Das dem Bügel zunächst gelegene Niet a (Fig. 18, Taf. 2) war durch die Litzen II und V hindurchgegangen, hatte in der ersteren drei Deckdrähte abgedrängt und diese sowie die gegenüber liegenden Drähte nur verletzt, in der Litze V aber zwei Drähte vollständig zerschnitten.

Die übrigen Litzen waren von dem Niet a nicht berührt, ihre Drähte waren unverletzt und nur theilweise leicht verschoben.

Am mittleren Niet b waren in Litze I drei Drähte gebrochen und zwei stark verletzt; in Litze II einer gebrochen und vier verletzt und in Litze V alle Drähte stark beschädigt.

Am unteren Niet c waren die Litzen I, II und III gänzlich durchgerissen, ferner von der Litze IV sechs Deckdrähte, von der Litze V fünf Deck- und zwei Kerndrähte und von der Litze VI vier Deckdrähte.

Zusammenfassung der Ergebnisse.

In der nachfolgenden Tab. 2 (S. 192 und 193) sind die bei den einzelnen Versuchen erhaltenen Ergebnisse übersichtlich zusammengestellt, wobei die Reihenfolge nach den von den Verbindungen geleisteten Gesammtschlagarbeiten unter Berücksichtigung der hierbei an den Seilen aufgetretenen Brucherscheinungen gewählt wurde.

Bevor nun in die vergleichsweise Besprechung der Leistung der verschiedenen Seilverbindungen, beurtheilt nach den erreichten Gesammt-Schlagarbeiten, eingetreten werden kann, bleibt im Hinblick darauf, daß die Schlagarbeiten pro Schlag nicht bei allen Versuchen übereinstimmen oder in gleichen Stufenfolgen gesteigert sind, und auch die zu prüfenden Verbindungen theils am oberen theils am unteren Ende des Seiles angebracht waren, zu erörtern:

1. welchen Einfluß haben die Unterschiede in der Arbeitsgröße der einzelnen Schläge, mit denen die Gesammtarbeit erzielt wurde, auf letztere und
2. welchen Einfluß übt die Lage der zu prüfenden Verbindung d. h. ob die Verbindung am oberen oder am unteren Seilende angebracht ist, auf die Wirkung des einzelnen Schlages und demgemäß auch auf die erreichte Gesammt-Schlagarbeit?

Betrachtet man die Wirkungsweise der zu den Versuchen herangezogenen Seilverbindungen, so erkennt man, daß bei allen der Reibungswiderstand zwischen dem Seil und einem an dieses angelegten Körper zur Lastübertragung ausgenutzt ist. Der Reibungswiderstand ist lediglich durch seitlichen Druck auf das Seil zu erzeugen, und zwar muß der Druck eine bestimmte Größe haben, damit der Reibungswiderstand der Zugbelastung des Seiles mindestens gleichkommt und das Seil sich nicht herauszieht. Mit diesem Seitendruck ist nun aber eine örtliche Belastung des Seiles verbunden, welche zu der im ganzen Seil herrschenden Zugspannung hinzutritt, also die Gefahr in sich birgt, daß das Seil innerhalb des gepreßten Theiles d. h. innerhalb der Einspannung zum Bruch geht. Dies gilt vom Seil umsomehr, als seine ein-

zelnen Glieder, die Drähte, nicht nur an den Berührungsstellen der Litzen, sondern auch in diesen selbst sich überschneiden, so daß jeder Seitendruck strenge genommen nur in einzelnen Punkten auf die Drähte, jedenfalls aber nur auf verhältnißmäßig kleine Flächen derselben übertragen wird. Bei einer durch die Konstruktion der Verbindung gegebenen, bestimmten Größe der Druckfläche wird das Seil an der Einspannung also um so widerstandsfähiger sein, je geringer der hier herrschende örtliche Druck ist.

Weiter stimmen alle hier vorliegenden Seilverbindungen in ihrer Wirkung darin überein, daß der Seitendruck mit der Zugspannung wächst, also zugleich auch die Gefahr der örtlichen Beschädigung des Seiles zunimmt.[1])

Im Hinblick auf die bei Herstellung der Verbindung von vornherein gegebene Größe des Seitendruckes wird die Zugspannung zunächst bis zu einem gewissen Grade anwachsen müssen, bevor eine weitere Steigerung des Seitendruckes veranlaßt wird. Dies gilt aber in gleichem Maaße für die stetig wachsende Belastung wie für die aus der Schlagwirkung resultirende Zugspannung. Daher wird es auch eine Grenze geben, bis zu welcher die Stärke d. h. die Schlagarbeit des einzelnen Schlages gesteigert werden kann, ohne daß dessen Wirkung sich in einer Zunahme des Seitendruckes an der Befestigungsstelle des Seiles äußert. Erst wenn diese Grenze überschritten wird, wenn der ursprüngliche Reibungswiderstand innerhalb der Verbindung der aus dem Schlage resultirenden Zugbelastung nicht mehr das Gleichgewicht zu halten vermag, erst dann tritt ein Gleiten des Seiles oder eine selbstthätige Zunahme des Seitendruckes auf das Seil ein.

Aus den dargelegten Gründen ist es wohl erklärlich, daß das Seil bei einer und derselben Verbindung und bei stufenweiser Steigerung der Schlaghöhe eine um so größere Gesammtschlagarbeit zu leisten im Stande sein wird, je größer die Zahl derjenigen Schläge gewählt wird, deren einzelne Arbeitsleistungen den ursprünglichen Reibungswiderstand der Verbindung noch nicht zu überwinden vermögen, oder allgemein, mit je geringeren Fallhöhen man die Untersuchung einleitet.

Ein unmittelbarer Beleg für die Richtigkeit dieser Schlußfolgerung dürfte aus den Ergebnissen der Versuche 1 und 2 sowie 3—5, Tab. 2 abgeleitet werden können. Die beiden ersten Versuche wurden an der „konischen Seilbüchse mit Einlegering" ausgeführt und zwar Versuch Nr. 1 durchweg mit Schlägen von je 2,96 mkg Schlagarbeit, während beim Versuch Nr. 2 zunächst 199800 Schläge mit 1,5 mkg und dann 65800 Schläge mit 2,0 mkg Schlagarbeit gegeben wurden. Im ersteren Fall, bei dem sogleich mit der größeren Schlagarbeit begonnen wurde, lieferte die Verbindung 258467 mkg, bei dem zweiten Versuch dagegen 431300 mkg also nahezu das Doppelte an Gesammtschlagarbeit. Freilich ist hierbei zu beachten, daß die in Rede stehende Verbindung, wie auch die Versuche mit stetig wachsender Belastung ergaben, in Folge der Schwierigkeit einer guten Ausführung schon an und für sich bei wiederholter Herstellung sehr weit abweichende Festigkeiten besitzt[2]) und daß die gefundenen Unterschiede in der Arbeitsleistung daher auch durch Ungleichmäßigkeiten in der Ausführung der Verbindungen veranlaßt sein können.

In weit geringerem Maße besteht die Ungleichmäßigkeit in der Herstellung bei der zu den Schlagversuchen 3—5 verwendeten Verbindung mittelst „konischer Seilbüchse mit

[1]) Für das Reibungsseilgehänge gilt dieser Zustand für die Druckstellen der Schellen, sobald diese in eine zur Seilachse geneigte Lage übergehen.

[2]) Die Zugfestigkeiten der Verbindungen schwankten bei zehn Versuchen zwischen 4,0 und 6,5 t bei einer mittleren Seilfestigkeit von 8,94 t.

Tabelle 2. **Zusammenstellung der Ergebnisse**

Laufende Nr.	Art der Seilverbindung	Beim Zugversuch erreichte Festigkeit in % von der Seilfestigkeit	Versuch Nr.	Versuch Maschine	Lage in der Maschine	Ruhende Belastung kg	Angaben über die Ausgeg.		
1	Konische Seilbüchse mit eingelegtem Ring (gez. D)	45—89	1	I	unten	490	pro Schlag aus gleicher Schlaghöhe gegeben	2,96 258 467	— —
2			2	I	unten	490	pro Schlag aus gleicher Schlaghöhe gegeben	1,5 299 700	2,0 131 600
3	Konische Seilbüchse zum Vergießen (gez. E)	100	1	II	unten	355	pro Schlag aus gleicher Schlaghöhe gegeben	3,0 300 105	5,9 57 614
4			2	II	unten	355	pro Schlag aus gleicher Schlaghöhe gegeben	— —	— —
5			3	II	unten	355	pro Schlag aus gleicher Schlaghöhe gegeben	— —	6,0 1 200 000
6	Otis-Gehänge (gez. G)	47—61	5	I	oben	490	pro Schlag aus gleicher Schlaghöhe gegeben	— —	6,0 300 000
7	Friktionsseilgehänge (gez. C)	98	5 6	II I	oben	355 490	pro Schlag aus gleicher Schlaghöhe gegeben	— —	6,0 309 000
8			7	I	oben	490	pro Schlag aus gleicher Schlaghöhe gegeben	— —	6,0 300 000
9	Deutscher Schwanenhals (gez. J)	45—67	6	II	oben	355	pro Schlag aus gleicher Schlaghöhe gegeben	— —	6,0 300 000
10	Kortümsches Seilschloß alter Konstrukt. (gez. A)	100	3	I	unten	490	pro Schlag aus gleicher Schlaghöhe gegeben	1,5 299 625	3,0 150 000
11	Kortümsches Seilschloß neuer Konstruktion (gez. B)	100	4	II	unten	355	pro Schlag aus gleicher Schlaghöhe gegeben	— —	6,0 309 000
12			6	II	unten	355	pro Schlag aus gleicher Schlaghöhe gegeben	— —	6,0 300 000
13	Baumannsche Seilklemme (gez. L)	100	4	I	unten	490	pro Schlag aus gleicher Schlaghöhe gegeben	— —	6,0 309 000
14	Baumannsche Seilklemme (gez. M)	100	5	II	unten	355 490	pro Schlag aus gleicher Schlaghöhe gegeben	— —	6,0 309 000
15			5	I	unten	490	pro Schlag aus gleicher Schlaghöhe gegeben	— —	6,0 300 000
16			7	I	unten	490	pro Schlag aus gleicher Schlaghöhe gegeben	— —	6,0 300 000

Einguß". Die früher ermittelten Zugfestigkeiten betrugen 8,8 t, 9,0 und 8,9 t; sie zeigen gute Uebereinstimmung. Man wird daher die mit diesen Verbindungen erhaltenen Unterschiede in den Arbeitsleistungen zum größten Theil auf die verschiedenartige Inanspruchnahme bei den Schlagversuchen zurückzuführen haben. Wie die Werthe in Tab. 2 zeigen, wurden

aus den Schlagverſuchen mit Seilverbindungen.

anſpruchnahme der Verbindung beim Verſuch drückt als Schlagarbeit in mkg						Ins Geſammt geleiſtete Schlagarbeit mkg	Bemerkungen über den Zuſtand des Seiles
—	—	—	—	—	—	258 467	An der Einſpannung vollſtändig durchgeriſſen (ſ. Fig. 1, Taf. 2).
—	—	—	—	—	—		
—	—	—	—	—	—	431 300	desgl.
—	—	—	—	—	—		
8,0	12,0	—	—	—	—	437 719 *)	*) Eine Litze an der Einſpann. geriſſen.
504 000	191 472	—	—	—	—	1053191 **)	**) An der Einſpann. vollſtändig durchgeriſſen (ſ. Fig. 13, Taf. 2).
8,0	—	—	—	—	—	605 600	desgl.
605 600	—	—	—	—	—		
7,5	10,3	—	—	—	—	1948090	desgl.
333 000	415 090	—	—	—	—		
8,0	8,3	12,0	—	—	—	1289650	Innerhalb der Einſpannung zwei Litzen ganz, in den übrigen einzelne Drähte geriſſen; ferner Bruch eines Schloßtheiles (ſ. Fig. 2—4, Taf. 2).
228 000	178 450	583 200	—	—	—		
8,0	12,0	15,0	10,4	12,1	21,0	4381664	Eine Litze unterhalb der Schellen geriſſen, die letzteren zuſammengerückt (ſ. Fig. 17, Taf. 2).
547 664	600 000	750 000	520 000	605 000	1050000		
8,0	12,0	15,0	—	—	—	2050000	An den Druckſtellen der Schellen zwei Litzen ganz durchgeriſſen, an den anderen Drahtbrüche (ſ. Fig. 5—10, Taf. 2).
400 000	600 000	750 000	—	—	—		
8,0	12,0	15,0	18,0	21,0	—	4000000	Drei Litzen ganz, in den anderen einzelne Drähte geriſſen.
400 000	600 000	750 000	900 000	1050000	—		
4,5	7,5	10,5	14,8	17,6	20,9	4043165	In beiden Einſpannungen einzelne Drahtbrüche.
225 000	475 000	525 000	740 000	880 000	848 540		
8,0	12,0	15,0	18,0	21,0	23,9	5359200	In fünf Litzen einzelne Drahtbrüche.
555 200	600 000	750 000	900 000	1050000	1195000		
8,0	12,0	15,0	18,0	21,0	—	4000000	3 Drahtbrüche.
400 000	600 000	750 000	900 000	1050000	—		
8,0	12,0	15,0	18,0	21,0	24,0	4821800	Beim Herausnehmen der Seilenden aus dem Schloß wurden Drahtbrüche an der Seiloberfläche nicht wahrgenommen. Später zeigte bei eingehender nochmaliger Unterſuchung der Seilenden eine Probe einen Drahtbruch im Seilinnern, an der Berührungsſtelle mit der Nachbarlitze.
555 200	604 800	750 000	900 000	1050000	652 800		
8,0	12,0	15,0	10,4	12,1	21,0	4381664	
547 664	600 000	750 000	520 000	605 000	1050000		
8,0	8,3	12,0	—	—	—	1289650	
228 000	178 450	583 200	—	—	—		
8,0	12,0	15,0	—	—	—	2050000	
400 000	600 000	750 000	—	—	—		

bei Durchführung des Verſuches 4 mit 8,0 mkg Arbeit pro Schlag ins Geſammt nur 605600 mkg Arbeitsleiſtung erreicht; bei ſtufenweiſer Steigerung der Schlagwirkung von 3,0 auf 5,9 auf 8,0 und ſchließlich auf 12,0 mkg bei Verſuch 3 ergaben ſich 1059191 mkg Geſammtarbeitsleiſtung, obgleich nach 437719 mkg bereits eine Litze des Seiles geriſſen war.

Der Versuch 5 endlich, bei welchem zunächst mit 6,0 mkg und dann nach einander mit 7,5 und 10,5 mkg Arbeitsleistung pro Schlag gearbeitet wurde, ergab sogar 1948090 mkg Gesammtleistung, von der freilich 1200000 auf die Schläge mit geringster Wirkung entfallen.

Zur sachgemäßen Beurtheilung der Leistungsfähigkeit der verschiedenen Verbindungen wird man hiernach beim Vergleich der erzielten Gesammtschlagarbeiten darauf Rücksicht zu nehmen haben, mit welchen Einzelwirkungen der Schläge die letzteren erreicht sind. —

Bezüglich der zweiten Frage nach dem Einfluß der Lage der Seilverbindung in der Maschine möge auf die einschlägigen theoretischen Untersuchungen von Professor Undeutsch[1]) verwiesen sein. Aus ihnen ergiebt sich, „daß die in der Richtung der Seilachse auftretenden geradlinigen Schwingungen Ursache zum Ueberschreiten der Elastizitätsgrenze, beziehungsweise zum Sprödewerden des Seilmateriales sind und daß die betreffende gefährliche Veränderung in erster Linie die unterste Seilstrecke, in zweiter Linie erst den obersten Seiltheil betrifft." Weiter thun die erwähnten Untersuchungen dar, „daß die dynamischen Beanspruchungen um so schädlicher wirken, je kleiner die beanspruchte Seillänge ist".

Hieraus folgt, daß bei einem und demselben Seil die Inanspruchnahme der an seinem unteren Ende angebrachten Verbindung eine größere ist[2]) als die der oberen Seilbefestigung, und daß bei verschieden langen Seilen die Inanspruchnahme der Seilbefestigung bei dem kürzeren Seil die größere ist.

Beide Umstände sind bei der vorliegenden Untersuchung zu berücksichtigen und zwar in sofern, als strenge genommen nur die Ergebnisse aus denjenigen Versuchen unmittelbar in Vergleich gestellt werden können, bei denen das obere Seilende in der zur Maschine gehörigen Einspannvorrichtung festgelegt war, während das untere Seilende die zu prüfende Verbindung trug. Nur bei diesen Versuchen sind beide Bedingungen, Lage des Schlosses und Seillänge, durchweg die gleichen gewesen. Bei allen anderen Versuchen, bei denen auch das obere Seilende mit einer der Prüfung unterzogenen Verbindung versehen war, hat die untere Verbindung eine stärkere Inanspruchnahme erfahren als die obere; da aber zugleich auch die Seillänge geringer gewählt werden mußte als bei den erstgenannten Versuchen, so sind bei diesen die Verbindungen auch bei gleichen Schlagarbeiten pro Schlag einer geringeren Inanspruchnahme ausgesetzt gewesen als bei den Versuchen mit gleichzeitig zwei Seilverbindungen.

Rechnungsmäßige Größen für die im Vorstehenden erörterten verschiedenartigen Inanspruchnahmen lassen sich nicht angeben. Man wird daher bei Beurtheilung der erzielten Leistungen nur allgemein auf diese Unterschiede Acht zu geben haben. —

Nach den erzielten Gesammtschlagarbeiten bewährte sich bei den Versuchen die konische Seilbüchse mit eingelegtem Ring von allen weitaus am schlechtesten. Die geleisteten Schlagarbeiten betrugen rund nur 260000—430000 mkg, obgleich mit der Wirkung des einzelnen Schlages über 3 mkg nicht hinausgegangen ist. Die Ursachen der mangelhaften Wirkung dieser Verbindung traten in ihrer geringen Festigkeit schon bei den Zerreißversuchen zu Tage und fanden auch bereits durch Herrn Professor Martens in dem über letztere erstatteten Bericht folgende durch die Schlagversuche vollauf bestätigte Erklärung. Die Seilspannung wird vorwiegend wenn nicht ausschließlich durch die über den Ring gebogenen Drähte aufgenommen, wobei diese fest gegen die innere Wandung des Gehäuses angepreßt

---

[1]) Hermann Undeutsch: „Spannungen aufgehängter prismatischer Körper hervorgerufen durch statische und dynamische Beanspruchungen." Oesterreichische Zeitschrift für Berg- und Hüttenwesen, 1892.

[2]) Zu beachten ist hierbei, von welchem Ende aus die dynamische Beanspruchung erfolgt.

werden. Nun ist es unmöglich die Drähte so gleichmäßig über den Ring zu biegen, daß alle gleichmäßig zur Anlage kommen und gleiche Anspannung erfahren. Die Drähte werden daher nacheinander zerrissen oder abgekniffen. Das Seil aber zieht sich hierbei jedesmal um soviel weiter aus dem Gehäuse heraus, bis wieder der nächst kürzere Draht festgeklemmt wird und dann zum Bruch geht. Das Spiel wiederholt sich, bis schließlich die Zahl der übrig gebliebenen Drähte zu gering ist, um die Stoßwirkung aufzunehmen, welche beim Nachgleiten des Seiles eintritt, und diese Drähte nun schnell hintereinander zerreißen oder ebenfalls abgekniffen werden.

Durch den geschilderten Verlauf der Zerstörung des Seiles erklärt es sich denn auch, daß die Brüche der einzelnen Drähte, wie aus Fig. 1, Taf. 2 ersichtlich ist, in erheblich von einander entfernten Querschnitten des Seiles liegen und daß die 14 Drähte, welche in der Abbildung die Bruchstelle des Seiles überragen, überhaupt nicht zum Bruch gingen, sondern zwischen Ring und Gehäuse sich hindurchzogen.

Die Versuche mit der konischen Seilbüchse zum Vergießen führten ebenfalls nach verhältnißmäßig geringer Gesammtschlagarbeit zum vollständigen Bruch der Seile. Wenn nun auch diese Verbindung sich derjenigen mit dem eingelegten Ring an Leistung erheblich überlegen erwies, zumal wenn man berücksichtigt, daß die Versuche mit wesentlich größeren Schlagwirkungen durchgeführt wurden, so mußte dennoch ihre geringe Leistungsfähigkeit mit Rücksicht auf die bei stetig wachsender Belastung erzielten Ergebnisse befremden. Die Zerreißversuche hatten nämlich ohne Ausnahme dargethan, daß mit dieser Verbindung die volle Seilfestigkeit erreicht wird in gleicher Weise wie mit den Schlössern von Baumann und von Kortüm. Die beiden letzteren hatten beim Schlagversuch erheblich günstigere Arbeitsleistungen gezeigt als die Seilbefestigung mittels Eingusses. Dieser mußte also ein Nachtheil innewohnen, der entweder nur durch wiederholte stoßweise Belastung zur Wirkung kommt, oder der überhaupt erst nach längerer Zeitdauer wachgerufen wird.

Das Seilende wird bei allen drei genannten Verbindungen gleichartig und zwar ohne Biegung in das Schloß eingeführt und in demselben festgelegt. Bei gleichsorgfältiger Arbeitsausführung muß daher die Lastvertheilung auf die einzelnen Theile (Litzen und Drähte) des Seiles bei allen drei in Vergleich gestellten Verbindungen die gleiche sein, vorausgesetzt daß nicht schon vor dem Einlegen der Seilenden in die Schlösser Ungleichmäßigkeiten hinsichtlich der Lage der einzelnen Drähte im Seil vorhanden waren und alle Drahtenden in den Verbindungen festgehalten werden.

Nach dem Ergebniß des Versuches 3 riß bei einer Befestigung mittels Gehäuses und Einguſſes zunächst eine Litze ganz durch. Hiernach sind also bei dieser Seilverbindung ungleichmäßige Anspannungen der einzelnen Litzen nicht ausgeschlossen, selbst wenn die Verbindung, wie es zu den Versuchen geschehen, auf das sorgfältigste hergestellt wird. Trotzdem konnte aber mit den übrig gebliebenen fünf Litzen noch eine größere Arbeitsleistung erzielt werden als bei dem Versuch 4, bei dem alle Litzen auf einmal rissen, also auch gleichmäßig angespannt gewesen sein dürften. Dies Ergebniß wird, wie schon oben erörtert wurde, zum Theil darin begründet sein, daß die Wirkung der einzelnen Schläge bei dem Versuch 4 größer war als bei dem Versuch 3. Immerhin aber zeigt es, daß das Seil mit nur fünf tragenden Litzen, selbst wenn man nur die Arbeitsleistungen aus den Schlägen mit 8,0 und 12,0 mkg in Betracht zieht, mindestens die gleiche Dauerhaftigkeit besaß als das sechslitzige Seil. Berücksichtigt man ferner, daß bei anderen Seilverbindungen die Wirkung des einzelnen Schlages bis zu 24 mkg gesteigert und trotz der vorhergegangenen großen Inanspruchnahme auch mit

dieser Schlagwirkung noch eine Gesammtschlagarbeit von über 1000000 mkg erzielt werden konnte, ohne daß das Seil zum Bruch ging, so dürfte hierdurch zur Genüge dargethan sein, daß die mangelhafte Widerstandsfähigkeit der Seilverbindung mittelst Metalleinguſses weder in der ungleichen Anspannung der einzelnen Theile des Seiles noch in einer Ueberanstrengung des Materiales begründet ist. Ich glaube daher den frühzeitigen Bruch der Seile lediglich auf Beizbrüchigkeit der Seile zurückführen zu sollen, welche dadurch entsteht, daß die zu vergießenden Seilenden vor dem Verzinnen mit Säuren gebeizt werden müssen, um den metallischen Ueberzug haften zu machen. Wie durch die vorliegenden Versuche über die Beizbrüchigkeit[1]) dargethan ist, tritt die Beizbrüchigkeit besonders in einer Herabminderung der Widerstandsfähigkeit des Materiales gegen Druck hervor, und auch bei den untersuchten Seilen sind mit vereinzelten Ausnahmen sämmtliche Drähte ohne sichtbare Einschnürung dort gerissen, wo sie im Seil sich überschneiden, also neben der Zugbelastung auch eine Inanspruchnahme auf Druck erfuhren.

Der Einfluß des Beizens kann ein sehr verschiedenartiger sein, jenachdem Säuren verschiedener Concentration angewendet und jenachdem das Seilende mehr oder weniger tief in das Bad eingetaucht wird. Gelangt dann der eingetauchte Theil nicht ganz zum Verzinnen, so ist der frei bleibende Theil dem Angriff des Rostes stark ausgesetzt, und wie die vorliegende Probe zeigt, ist das Seil unmittelbar über dem Einguß d. h. an der Bruchstelle thatsächlich mit einem starken Rostüberzug versehen.

Das Otisgehänge hat ebenfalls nur eine geringe Dauerhaftigkeit bei Einwirkung von Schlägen gezeigt, wie es nach den Ergebnissen der Zerreißversuche auch nicht anders erwartet werden konnte. Wie bei jenen so fand auch bei den Schlagversuchen ein allmähliches Abkneifen des Seiles an der Druckstelle zwischen dem herzförmigen Einsatzstück und dem Bügel statt. Die Verbindung mit diesem Gehänge ist derjenigen mittelst Einguſses wohl gleichwerthig zu erachten. Sie besitzt allerdings vor der letzteren den Vorzug, daß das Verhalten der Drähte an der Einspannstelle zu beobachten ist und daß die Befestigung, weil die Zerstörung allmählich vor sich geht, nöthigenfalls rechtzeitig erneuert werden kann.

Das Friktionsseilgehänge, welches bei den Zerreißversuchen 98 % der Seilfestigkeit ergab, blieb in seiner Leistung bei den Schlagversuchen ebenfalls nicht unerheblich hinter der Baumannschen Klemme und dem Kortümschen Seilschloß zurück.

Bei beiden Versuchen (Nr. 7 und 8, Tab. 2) gingen einzelne Litzen an den Druckstellen gänzlich zum Bruch. Die erzielten Gesammtschlagarbeiten betrugen bei gleichen Versuchsbedingungen rund 4380000 und 2050000 mkg. Beachtet man nun, daß bei dem Versuch 7 mit der höheren Leistung die Schellen, welche die Seilöse zusammenhielten, unter den wiederholten Schlägen zusammenrutschten (Fig. 17, Taf. 2), also weniger fest angezogen waren wie bei dem Versuch 8, und daß bei dem ersteren nur eine Litze riß, ohne daß sonst Drahtbrüche wahrgenommen werden konnten, während bei dem Versuch Nr. 8 schon nach 2050000 mkg Schlagarbeit zwei Litzen ganz durchgerissen und die übrigen mehr oder weniger stark beschädigt waren, so dürfte hiernach der Schluß berechtigt sein, daß die Schellen und besonders, wenn sie fest angezogen werden, die Dauerhaftigkeit des Seiles an der Befestigungsstelle stark beeinträchtigen. Es ist dies eine Folge des Seitendruckes, den die Seile unter den Schellen erfahren und welcher zu einem allmählichen Abkneifen der Drähte führt. Wenn nun auch einerseits durch weniger festes Anziehen der Schellen der Seitendruck und

[1]) „Mittheilungen" 1890. Ergänzungsheft I.

somit die Neigung zum Abkneifen gemildert werden kann, so ist doch andererseits hiermit die Gefahr verbunden, daß das Seil bei den wiederholten Stößen in Folge Verringerung seines Querschnittes zwischen den Schildplatten im Betriebe unbemerkt gleitet und schließlich oder gar plötzlich sich herauszieht.

Die Seilbefestigung mittelst deutschen Schwanenhalses erzielte bei den Zerreißversuchen nur 45—67 % der Seilfestigkeit, stand also hier dem soeben besprochenen Friktionsseilgehänge erheblich nach. Bei dem Schlagversuch (Nr. 9, Tab. 2) wurde dagegen die gleiche Schlagarbeit (4000000 mkg) erzielt, wie bei dem Gehänge. Leider war es nicht möglich, den Eintritt der ersten Drahtbrüche zu erkennen. Eine vergleichsweise Werthschätzung beider Verbindungen nach den vorliegenden Ergebnissen ist somit nicht möglich.

Die Versuche mit dem Kortümschen Seilschloß wurden mit Rücksicht auf die lange Versuchsdauer abgebrochen, ohne daß äußerlich Brüche wahrgenommen waren, ebenso die Versuche mit der Baumannschen Klemme. Beim Lösen der Verbindungen zeigten sich innerhalb der Kortümschen Seilschlösser bei dem Versuch 12: 3 Drahtbrüche, beim Versuch 10 deren 8 und beim Versuch 11 deren 18. Die zugehörigen Gesammtschlagarbeiten betrugen 4000000, 4043165 und 5359200 mkg. Unter den vier Proben, welche mit Hülfe der Baumannschen Seilklemme eingespannt waren, zeigte eine einen Drahtbruch. Diese Proben waren versehentlich nicht gezeichnet worden, so daß nicht festgestellt werden konnte, welche Schlagarbeit das Seil mit dem einen Drahtbruch ausgehalten hatte. Da nun aber die höchste erreichte Schlagarbeit für diese vier Proben nur rund 4822000 mkg beträgt, so wird man mit der Annahme nicht fehlgehen, daß die höchste Leistung der untersuchten Seile bei der gewählten Versuchsausführung und Steigerung der einzelnen Schlagwirkungen auch bei Anwendung der besten vorhandenen Einspannung nicht wesentlich über 4000000 mkg hinauskommt.

Da ferner der für die Baumannsche Klemme beobachtete Drahtbruch im Seilinnern gelegen ist und auch bei den Kortümschen Schlössern die Drahtbrüche hauptsächlich an den Druckstellen zwischen den einzelnen Drähten eingetreten sind, so dürfte hierin die oben angestellte Betrachtung Bestätigung finden, daß die Gefahr eines Bruches an der Befestigungsstelle mit zunehmendem Seitendruck der Einspanntheile wächst. Dieses Anwachsen geht aber sowohl bei dem Kortümschen als auch bei dem Baumannschen Schloß in gleichem Maße Hand in Hand mit der Zunahme der Wirkung des einzelnen Schlages. Beim Vergleich dieser beiden Schlösser auf Grund der vorliegenden Ergebnisse hat man demnach zu berücksichtigen, daß bei dem Versuch 11 mit dem Kortümschen Schloß 1195000 mkg, beim Versuch 13 mit dem Baumannschen Schloß jedoch nur 652800 mkg mit Schlägen der stärksten Wirkung von 24 mkg erreicht wurden. Das erstere von beiden war also mehr beansprucht, und erscheint es somit nicht ausgeschlossen, daß die größere Zahl der Brüche, welche an der zum Versuch Nr. 11 gehörigen Probe beobachtet wurde, erst eine Folge der heftigeren Schläge war. Dies gilt umsomehr, als das zweite mit Kortümschem Seilschloß eingespannte Seil (Versuch 12) nach 4000000 mkg Gesammtschlagarbeit, erzielt mit Schlägen von höchstens 21 mkg Arbeit, nur drei Drahtbrüche zeigte. Die größere Zahl der Drahtbrüche beim Versuch 11 dürfte somit nicht unbedingt als Beweis für eine erhebliche Minderwerthigkeit des Kortümschen Schlosses dem Baumannschen gegenüber angesehen werden können.

Bisher wurden für den Vergleich beider Schlösser bezüglich der Leistung des Baumannschen nur diejenigen Ergebnisse herangezogen, welche mit den von der Dinglerschen Maschinenfabrik in Zweibrücken gelieferten Schlössern erzielt wurden. Wie eingangs bei

Beschreibung der Schlagmaschinen bereits mitgetheilt ist, waren nun außerdem Seilbefestigungen ähnlicher Art im Gebrauch, die in der Anstalt selbst gefertigt waren. Zieht man die mit diesen Schlössern erhaltenen Ergebnisse mit in den Vergleich hinein, so gelangt man zu folgendem Ergebniß. Nach dem Ausfall des Versuches 10 kam das Seil im Schloß d. h. zwischen den Keilen zum Gleiten, weil letztere während der Versuchsdauer von 103 Tagen unter den anfänglich schwachen Schlägen an den Gleitflächen festgerostet waren und bei den folgenden heftigeren Schlägen dem Seilzuge nicht zu folgen vermochten. Trotz der sorgfältigsten Erneuerung der Einspannung zeigte sich ferner nach Beendigung des Versuches, daß etwa 50 mm von der Unterkante der Keile entfernt zwei Litzen zerdrückt und mit Drahtbrüchen behaftet waren. Die letztere Erscheinung glaube ich lediglich dem Umstande zuschreiben zu sollen, daß das Seil beim Herausgleiten eine Formänderung (Verschiebung seiner Drähte gegen einander) erlitten hatte, sodaß die Lage der Drähte nicht mehr genau zu dem auf den Greifflächen der Keile vorhandenen Abdruck des ursprünglichen Seiles paßte. Wenn nun auch dieser Umstand bei der Herstellung einer für den Förderbetrieb bestimmten Seilverbindung nicht vorkommen sollte, so zeigt das besprochene Versuchsergebniß doch, daß sein Bestehen, wenn es unbemerkt bleibt, die Neigung zum Bruch des Seiles in der Einspannung sehr begünstigt und daß ein Gleiten des Seiles in der Baumannschen Klemme nicht ausgeschlossen ist, sobald die Keile nicht von vornherein hinreichend fest angezogen werden, sodaß unter der Wirkung selbst der heftigsten Stöße ein Vorrücken der Keile nicht mehr erforderlich ist.

Nach allen den gegebenen Erörterungen und vorliegenden Ergebnissen dürfte der Schluß berechtigt sein, daß das Kortümsche Seilschloß und die Baumannsche Seilklemme allen übrigen untersuchten Verbindungen an Betriebssicherheit überlegen, unter sich aber wohl als gleichwerthig anzusehen sind.

Dies Ergebniß kann natürlich nur für eine Betriebsinanspruchnahme gelten, welche den erörterten Versuchsbedingungen in allen Einzelheiten entspricht. Für die Wirklichkeit wird aber auch die Frage noch zu erörtern und zu entscheiden sein, wie die Verbindungen sich verhalten, wenn das Seil bis nahe an das Schloß heran auf die Seilscheibe aufläuft. Hierbei entstehen Biegungsspannungen im Material und zugleich sind die Litzen und einzelnen Drähte bestrebt, sich im Seil gegen einander zu verschieben, zum Ausgleich der auf der konkaven und konvexen Seite des gekrümmten Seiles herrschenden Druck- und Zugspannungen. Ist das Seil nun gleich an der Eintrittsstelle in die Befestigung in allen seinen Theilen so fest gehalten, daß die angestrebten Verschiebungen plötzlich behindert sind, so treten nicht nur die Biegungsspannungen im Material in Folge der scharfen Ablenkung des Seiles aus der Geraden in erhöhtem Maße auf, sondern auch die Vertheilung der Zugbelastung auf den gesammten Seilquerschnitt ist eine weniger günstige, als wenn die Wirkung der Befestigung auf das Seil allmählich eingeleitet wird.

Die vorliegenden Versuchsergebnisse lassen eine Beurtheilung der untersuchten Einspannvorrichtungen von diesem Gesichtspunkt aus nicht zu. Zwar ist bei dem Kortümschen Seilschloß das Prinzip der allmählichen Einleitung des Druckes der Keile auf das Seil durch die Form der Greifflächen gewahrt, indessen würde mit der Verschiebung der Litzen im Schloß leicht ein Verschleiß der Drähte verbunden sein können, dessen Wirkungsgrad auf die Dauerhaftigkeit der Seile im Vergleich mit dem der plötzlichen Biegung zunächst festgestellt werden müßte, bevor man zu einem bestimmten Urtheil gelangen kann.

Daß die Entscheidung dieser Frage an sich belangreich genug sein sollte, um Versuche zu ihrer Lösung anzustellen, vermag ich nicht anzunehmen. Dagegen dürfte es eine dankens-

werthe Aufgabe von hervorragend praktischer Bedeutung sein, den Einfluß wiederholter Biegungen nach verschiedenen Radien und unter verschiedenen Belastungen auf die Dauerhaftigkeit der Seile durch Versuche festzustellen. Die Anordnung dieser Versuche könnte dann leicht derart getroffen werden, daß die Frage nach dem oben beregten Einfluß der Seilbefestigung gleichzeitig ihre Lösung fände.

Die Durchführung derartiger Versuche dürfte am einfachsten in der nachstehend angedeuteten Weise erfolgen:

Ein Seilabschnitt, welcher durch eine der zu untersuchenden Seilverbindungen zu einem Seil ohne Ende hergerichtet ist, wird über zwei Seilscheiben gelegt, von denen nach Maßgabe der schematischen Skizze (Fig. 9) die eine auf der in den Lagern L ruhenden Welle aufgekeilt ist, während die andere von den aufwärtsgerichteten, kürzeren Armen des doppelten Hebels H getragen wird. Die Stützpunkte dieser Hebel bilden die mit dem Maschinengestell verschraubten

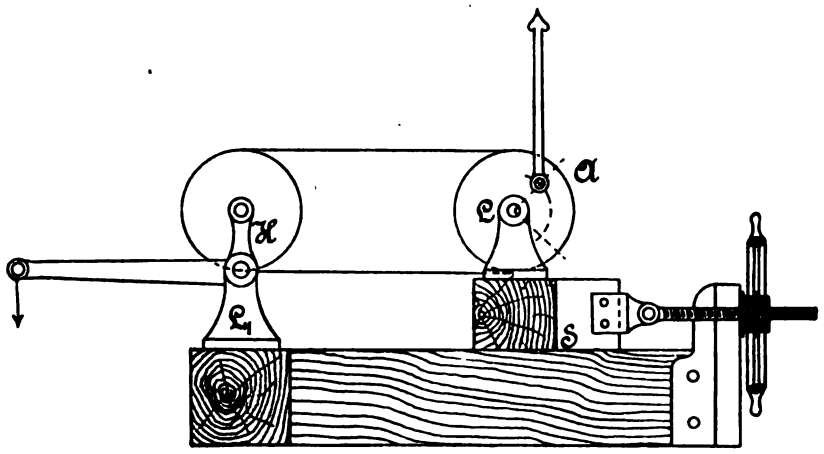


Fig. 9.

Lager L_1. Die Lager L dagegen stehen auf dem Schlitten S, welcher zur Anspannung des Probeseiles mit Hülfe einer Schraube soweit nach rechts gezogen wird, bis die gemeinsam belasteten Hebel H in der Gleichgewichtslage sich befinden. Die Seilverbindung ist zwischen beide Scheiben zu stellen. Wird dann die Scheibe A durch einen Excenterantrieb in schwingende Bewegung versetzt, so läuft das Seil wie beim Förderbetriebe abwechselnd auf die Scheiben auf und von ihnen ab, wobei es mit einer bestimmten Belastung angespannt ist. Bei Anwendung verschiedener Belastungen, verschiedener Scheibendurchmesser und verschiedener Seilstärken würde man dann aus der Dauerhaftigkeit der Seile leicht diejenigen Verhältnisse ableiten können, unter denen die Seile im Betriebe am günstigsten arbeiten. Als Maß für die Dauerhaftigkeit der Seile bei den besagten Versuchen würde diejenige Schwingungszahl anzusehen sein, bei der entweder sichtbare äußere Beschädigungen des Seiles eintreten, oder bei der die Festigkeit des Seiles und der ausgelösten Drähte merkbar herabgemindert wird.[1])

[1]) Rudeloff: Untersuchung eines im Betriebe gebrochenen Förderseiles und über den Einfluß der Abnutzung und wiederholter Biegung auf die Seilfestigkeit. Mittheilungen 1889. Heft 2.

2. Cementuntersuchungen aus den Betriebsjahren 1891/92 und 1892/93.

Vom Vorsteher Professor Dr. Böhme.

Die nachfolgenden Zusammenstellungen enthalten die Ergebnisse der Cementuntersuchungen aus den Betriebsjahren 1891/92—1892/93 als Fortsetzung der im Heft 4/5 Jahrgang IX 1891 dieser Zeitschrift Seite 240—267 (Betriebsjahre 1889/90—1890/91) veröffentlichten Versuche.[1])

Die Untersuchungen sind für die nachstehend angegebenen Cemente in fast allen Fällen — wo nicht seitens der Antragsteller eine andere Behandlung besonders gewünscht wurde — nach den durch Cirkularerlaß des Herrn Ministers der öffentlichen Arbeiten vom 28. Juli 1887 (Vergl. „Mittheilungen" 1888, Heft 1 Seite 27 u. ff.) eingesetzten Normen für einheitliche Lieferung und Prüfung von Portland-Cement behandelt worden. Hiernach erfolgte die Herstellung der Probekörper für die Zug- und Druckfestigkeitsversuche mittelst des Normal-Hammerapparates. Die Probekörper erhärteten, gegen zu schnelle Verdunstung geschützt, die ersten 24 Stunden auf nicht absaugender Unterlage an der Luft. Die Zugprobekörper (mit 5 qcm Zerreißungsquerschnitt) wurden unmittelbar nach dem Einschlagen und erfolgter Glättung von der Form befreit, während die Druckproben (Würfel mit 50 qcm Fläche) nach erfolgter Glättung die ersten 20—24 Stunden in der Form erhärteten und hierauf den Formen entnommen mit den Zugproben zugleich unter Wasser von durchschnittlich + 17 C° gebracht wurden.

Ein Liter des zu den Mörtelproben verwendeten Normalsandes wog eingelaufen 1,410 kg und eingerüttelt 1,640 kg. Die Korngrößen des Normalsandes sind so beschaffen, daß er auf einem Sieb mit 60 Maschen auf den Quadratcentimeter keinen Rückstand hinterläßt und auf einem solchen mit 120 Maschen pro Quadratcentimeter liegen bleibt.

Aus den in den nachstehenden Tabellen enthaltenen Ergebnissen, soweit dieselben sich auf Portland-Cemente erstrecken, ist ersichtlich, daß den Normen nicht genügten, d. h. weniger als 16 kg/qcm Zugfestigkeit bezw. 160 kg/qcm Druckfestigkeit an Probekörpern aus 1 Gewichts-Theil Cement + 3 Gewichts-Theilen Normalsand ergaben:

	im Betriebsjahre 1891/92	1892/93
für Zug[2]) . . .	5	12 Cemente
von bezw. . . .	71	91 Cementen
für Druck[2]) . . .	10	14 Cemente
von bezw. . . .	54	73 Cementen,

welche für 28 Tage alte Normenproben geprüft wurden.

---

[1]) Vergleiche auch „Mittheilungen" Heft 4 Jahrgang II 1884 Seite 129—143,
„ 1 „ III 1885 „ 15— 22,
„ 2 „ V 1887 „ 120—145,
„ 1 „ VIII 1890 „ 23— 49.

[2]) Für die Betriebsjahre 1889/90 und 1890/91 stellte sich dieses Verhältniß wie folgt:

	1889/90	1890/91
für Zug . . .	27	16 Cemente
von bezw. . . .	99	112 Cementen,
für Druck . . .	16	28 Cemente
von bezw. . . .	84	85 Cementen.

Aus der Betrachtung der nachstehenden Zusammenstellung ergiebt sich ferner die Thatsache, daß eine große Anzahl von Prüfungs-Anträgen, sich, abgesehen von der Bestimmung allgemeinen Eigenschaften, nur auf die Ermittelung der Zugfestigkeit bezieht, während einige auf Druckfestigkeit nicht gefordert wurde. Hierdurch entsteht natürlich eine wesentliche Lücke für die Beurtheilung der fraglichen Cemente und zwar um so mehr als dadurch den Sinn die Normen vorgeschriebenen Anordnungen nur zum Theil genügt wird. Bei Ausführung der Cement-Untersuchungen ist nämlich, wie auch aus den ermittelten Ergebnissen ersichtlich ist, häufig die Erfahrung gemacht worden, daß Cemente, welche bezüglich ihrer Zugfestigkeit den Normen (16 kg/qcm) genügen, in der Druckfestigkeit (160 kg/qcm) weit hinter ihnen zurückblieben. Dieselbe Erscheinung ist bei mehreren Cementen zu Tage getreten, deren Untersuchung sich dem Antrage gemäß nur auf die Ermittelung der Zugfestigkeit beschränken sollte, in der That jedoch seitens der Prüfungs-Station gleichzeitig auf die Bestimmung der Druckfestigkeit (privatim) ausgeführt wurde. Die hierbei ermittelten Resultate konnten natürlich den amtlichen Prüfungs-Dokumenten nicht beigefügt und auch in diesen Mittheilungen nicht veröffentlicht werden; sie finden sich daher nur in den Protokollen der Station verzeichnet.

Aus obiger Thatsache geht nun hervor, daß die Prüfung auf Zugfestigkeit allein keinen Maßstab für die Werthstellung und Beurtheilung der Cemente geben kann, daß somit eine Untersuchung, deren Anordnung sich nicht auf die Prüfung beider Festigkeiten erstreckt, unvollkommen und unzureichend genannt werden muß.

Bezüglich der Volumenbeständigkeit der geprüften Cemente wird bemerkt, daß im Betriebsjahre 1891/92 nur ein Cement die einschlägigen Proben nicht bestand, während im Betriebsjahre 1892/93 zwei Cemente sich nicht als volumenbeständig erwiesen.

Unter Hinzunahme der Ergebnisse der Prüfungen auf Feinheit der Mahlung der untersuchten Cemente ergiebt sich folgende statistische Zusammenstellung, aus welcher hervorgeht, daß Cemente aus beiden Betriebsjahren in der Mahlung einander ziemlich gleich sind, während gegenüber den Cementen in früheren Jahren eine größere Feinheit zeigen, ferner, daß die Cemente beider Betriebsjahre sowohl in der Zug- wie Druckfestigkeit annähernd übereinstimmen.

Vergleich über die Eigenschaften der Cemente.

Betriebsjahr	Gesammtzahl der geprüften Cemente	Anzahl der auf 28 Tagsfestigkeit geprüften Cemente	Zugfestigkeit						Druckfestigkeit						Anzahl der auf Mahlung geprüften Cemente.	900-Maschensieb					
			unter 16		zwischen 16 u. 20		über 20		unter 160		zwischen 160 u. 200		über 200			über 10		zwischen 10 u. 5		unter 5	
			Kilogramm für den Quadratcentimeter													Procent Rückstand					
			Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%		Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%
1/92	99[1]	80[2]	8	10,1	26	32,9	45	57,0	15	24,6	26	42,6	20	32,8	99	—	—	5	5,1	94	94,9
2/93	116[3]	107[4]	13	13,5	21	21,9	62	64,6	23	29,9	30	39,0	24	31,2	116	—	—	2	1,7	114	98,3

[1]) Hierunter 3 Schlacken-Cemente, 1 Puzzolan-Cement, 1 Roman-Cement, 1 Tessin-Cement, 1 Cement ohne Gattungs-
. 19 Cemente ohne 28 Tagsprüfung.
[3]) Hierunter 1 Schlacken-Cement, 1 Puzzolan-Cement, 1 Cementkalk. 9 Cemente ohne 28 Tagsprüfung.
[2]) 52 Cemente auf Zug- und Druck, 19 nur auf Zug, 2 auf Druck.
[4]) 65 . . . . . , 29 . . . , 10 . .

Cementuntersuchungen aus den Betriebs-

Bemerkungen: Die obere Zahl in Spalte 7 bedeutet den Erhärtungsanfang. Die fettgedruckten Zahlen Werthen für

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.
Laufende Nr.	Cement-Marke	Gewicht des reinen Cementes		Wasser im reinen Cement		Abbindezeit	Temperatur-Erhöhung	Beim Probemachen war die		
		eingerüttelt	eingelaufen	für syrupartige Konsistenz	beim Abbinden auf Glas			Temperatur der Luft	Temperatur des Anmachewassers	Feuchtigkeit der Luft
		kg/Liter		%	%	Std.	C°	C°	C°	%
	Cemente aus dem									
1	Portland-Cement; Journ.-Nr. 9406 . . .	1,894	1,305	36	30	**1** 2⅓	1,0	19,8	17,1	59
2	Portland-Cement; Journ.-Nr. 9409 . . .	1,821	1,245	38	31	**1⅙** 4	1,8	19,6	17,0	58
3	Cement der deutschen Portland-Cementfabrik „Adler" zu Zossen. Antr.: Kgl. Eisenb.-Betriebsamt Stadt- und Ringbahn zu Berlin	1,886	1,203	37	31,2	**1½** 3⅚	4,1	18,6	17,1	61
4	Schlackencement I. 1890 der Gebr. Erhardt & Lingenbrink, Cementfabrik zu Neunkirchen. Der Cement hat während des Winters 1890/91 in einem Bretterverschlage auf d. Bauplatze gelag.	1,337	0,840	48	37	**5** 9	1,8	19,3	17,2	61
5	Schlackencement II. 1891 der Gebr. Erhardt & Lingenbrink, Cementfabrik zu Neunkirchen .	1,299	0,828	54	42,5	**3⅔** 8⅔	1,8	19,1	17,1	60
6	Portland-Cement; Ursprungsangabe nicht gestattet	1,716	1,188	31	24	**1** 4	2,0	19,6	17,4	64
7	Desgl.	1,798	1,220	34	27,5	**2⅔** 7½	5,0	19,5	17,2	63
8	Cement; Journ.-Nr. 9467	1,789	1,150	37	29,0	**1** 2⅓	2,8	19,2	17,1	64
9	Cement; Journ.-Nr. 9481	1,271	0,842	63	50	**4½** 11	0,6	20,1	17,2	62
10	Cement; Ursprungsangabe nicht gestattet . .	1,790	1,234	38,5	30	**5⅓** 8	0,6	20,1	17,1	62
11	Portland-Cement; Ursprungsangabe nicht gestattet	1,898	1,278	36	29	**1⅔** 4½	4,4	20,6	17,2	67
12[1])	Cement; desgl.	1,854	1,225	36	28,8	**2½** 5½	1,9	20,2	17,1	70
13[1])	Cement; desgl.	1,623	1,065	42	33,6	**⅚** 1¼	3,4	20,4	17,2	70
14	Portland-Cement der Bremer Portland-Cementfabrik „Porta" zu Porta i. Westf. . . .	2,037	1,364	32,5	27	**4½** 7	5,4	21,0	17,3	72
15	Portland-Cement; Journ.-Nr. 9536 . . .	1,838	1,235	35	27,5	**1⅓** 2⅓	2,4	21,0	17,2	71
16	Cement; Ursprungsangabe nicht gestattet . .	1,821	1,176	37	29,4	**8 Min.** 30 Min.	8,2	20,5	17,3	74

[1]) Die Prüfung auf Abnutzbarkeit, ausgeführt an Würfeln mit 50 qcm Fläche ergab für 28 Tage alte Proben
1. aus 1 Gew.-Thl. Cement und 1 Gew.-Thl. Normalsand sowie
2. „ 1 „ „ „ 3 „ „
welche den ersten Tag an der Luft, dann sechs Tage unter Wasser und dann wieder 21 Tage an der Luft erhärteten, bei einem Gewicht der Probestücke von durchschnittlich 813,4 g bezw. 769,2 g und dem spezifischen Gewicht von 2,291 bezw. 2,167 im Mittel aus je 5 Versuchen

bei der Mischung 1 : 1 die Abnutzung von $\frac{18,5}{5} = 3,7$ g $= \frac{3,7}{2,291}$ ccm $= 1,615$ ccm

„ „ „ 1 : 3 „ „ „ $\frac{33,5}{5} = 6,7$ g $= \frac{6,7}{2,167}$ ccm $= 3,092$ ccm.

1891/92 und 1892/93.

en Druckverſuchen mit Würfeln von 50 qcm Fläche und entſprechen den darunter ſtehenden roben.

12.				13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.
ahlung. ſtände bei				Reiner Cement					Spec. Gewicht	100 Gewichtstheile Cement und 300 Gewichtstheile Normalſand				
0	600	324	180	Waſſer in den Cement-proben	Zugfeſtigkeit kg/qcm		Dichte der Proben			Waſſer in den 1 + 3 Mörtel-proben	Zugfeſtigkeit kg/qcm		Dichte der Proben	
auf den qcm							Zug $\frac{G_z}{V} = \gamma$	Druck $\frac{G_d}{V_1} = \gamma_1$					Zug $\frac{G_z}{V} = \gamma$	Druck $\frac{G_d}{V_1} = \gamma_1$
	%	%	%	%	7 Tage	28 Tage				%	7 Tage	28 Tage		
bsjahre 1891/92.														
										10		**160,3**		**2,237**
0	1,0	0,8	0,1	18,5	38,70	45,85	2,113			10		14,90	2,239	
										10		**162,3**		**2,239**
0	—		—	19,5	38,10	44,20	2,169			10		16,05	2,239	
										10	**129,8**	**191,2**		**2,265**
0	0,0		—							10	15,45	20,28	2,268	
										10	**154,3**	**207,8**		**2,239**
0	0,0		—							10	19,65	24,50	2,239	
										10	**160,9**	**211,1**		**2,223**
0	0,0		—							10	19,25	26,83	2,225	
0	—		—							8,5	11,48	17,93	2,254	
0	2,0	0,3	0,0							10	16,90	21,83	2,211	
										10	**108,9**	**160,3**		**2,237**
0	0,0		—							10	13,63	19,38	2,239	
0	—		—							10	20,03	23,95	2,211	
										10	**80,1**	**125,5**		**2,225**
0	0,2	0,0	—											
										10	**138,0**			**2,237**
0	—		—							10	14,90		2,239	
0	0,0		—											
0	0,1	0,0	—											
				16,75	**389,2**	**497,9**		**2,237**		**10**	**142,0**	**198,0**		**2,237**
0	1,0	0,0	—	16,75	44,10	50,38	2,239			10	15,85	20,00	2,239	
										10	**102,3**	**142,4**		**2,237**
0	1,0	0,0	—							10	12,05	16,43	2,239	
0	0,2	0,0	—							10	11,73	17,20	2,225	

*) Die Prüfung auf Abnutzbarkeit, ausgeführt an Würfeln mit 50 qcm Fläche ergab für 28 Tage alte Proben
1. aus 1 Gew.-Thl. Cement und 1 Gew.-Thl. Normalſand ſowie
2. „ 1 „ „ „ 3 „ „
den erſten Tag an der Luft, dann ſechs Tage unter Waſſer und dann wieder 21 Tage an der Luft erhärteten, bei einem ſt der Probeſtücke von durchſchnittlich 787,2 g bezw. 773,1 g und dem ſpezifiſchen Gewicht von 2,218 bezw. 2,178 im Mittel 5 Verſuchen

bei der Miſchung 1 : 1 die Abnutzung von $\frac{23,5}{5} = 4,7 \text{ g} = \frac{4,7}{2,218} \text{ ccm} = 2,119 \text{ ccm}$

„ „ „ 1 : 3 „ „ „ $\frac{38,5}{5} = 7,7 \text{ g} = \frac{7,7}{2,178} \text{ ccm} = 3,536 \text{ ccm}$.

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.
Laufende Nr.	Cement-Marke	Gewicht des reinen Cementes eingerüttelt kg/Liter	Gewicht des reinen Cementes eingerüttelt kg/Liter	Wasser im reinen Cement für syrupartige Konsistenz %	Wasser im reinen Cement beim Abbinden auf Glas %	Abbindezeit Std.	Temperatur-Erhöhung C°	Beim Probemache war die Temperatur der Luft C°	Beim Probemache war die Temperatur des Anmachewassers C°	Beim Probemache war die Feuchtigkeit der Luft %
17	Portland-Cement der Portland-Cementfabrik von C. H. Böcking & Dietzsch in Malstadt bei Saarbrücken. Antr.: Kaiserl. Fortifikation in Metz	1,709	1,181	38	31,5	2 5/6 7 1/6	1,2	20,0	17,2	71
18	Cement der Stettin-Bredower Portland-Cementfabrik in Stettin. Antr.: Kgl. Reg.-Baumeister Offermann in Berlin	1,807	1,213	37,5	29	5/6 2 1/3	2,7	19,0	17,0	70
19	Cement des Portland-Cementwerkes Heidelberg, vorm. Schifferdecker & Söhne zu Heidelberg	1,898	1,274	34,5	26,5	4 7 1/2	0,8	19,5	17,2	71
20	Cement; Ursprungsangabe nicht gestattet	1,920	1,252	35,5	29,2	8 Min. 1	6,6	18,0	17,2	69
21	Cement P. Sch. 1; vom Neubau der Schleuse bei Parey. Antr.: Kgl. Reg.-Baumeister Ottmann zu Parey a. d. Elbe	1,880	1,253	37	30	3 Min. 15 Min.	9,0	21,0	17,1	69
22	Cement P. Sch. 2; desgl.	1,966	1,334	33	28	2 Min. 25 Min.	7,4	20,0	17,1	69
23	Portland-Cement; Urspr.-Angabe nicht gestattet. Antr.: Kgl. Eisenb.-Bau-Abth. zu Zielenzig	1,798	1,209	38	30,5	1 1/2 5 1/2	3,6	20,5	17,3	74
24	Portland-Cement; Journ.-Nr. 9635	1,822	1,214	36	29,5	20 Min. 50 Min.	5,8	20,2	17,1	72
25	Portland-Cement; Ursprungsangabe nicht gestattet. Antr.: Kgl. Fortifikation zu Thorn	1,828	1,220	35,5	27,8	1 1/6 6	3,0	21,0	17,2	69
26	Desgl.	1,864	1,216	36	28,5	1 2 5/6	4,2	20,5	17,2	69
27	Desgl.	1,858	1,220	35	28	1 1/6 4	4	21,0	17,3	68
28	Cement; Journ.-Nr. 9639	1,978	1,245	34,5	28,4	20 Min. 1 1/2	5,4	20,0	17,1	68
29	Cement, welcher 1889 nach Rangoon exportirt und von dort zurückgesandt wurde. Antr.: J. F. Buchholtz in Bremen, Theilhaber der Firma Krüger & Co. in Rangoon	1,440	0,922	51	40,4	8 19	0,6	21,0	17,1	71
30	Portland-Cement der Preußischen Portland-Cementfabrik zu Neustadt in Westpr. Antr.: Kgl. Fortifikation zu Graudenz	1,894	1,260	36	28,5	2 3 5/6	2,6	21,0	17,2	69
31	Cement; Journ.-Nr. 9653	1,868	1,285	34,5	28	4 8	3,6	21,0	17,2	70
32	Beckumer Portland-Cement der Firma Rheinisch-Westphälische Industrie in Beckum. Antr.: Stadtbaurath Frings zu Düsseldorf	1,950	1,320	33,5	27,5	4 7	3,4	21,0	17,2	68
33	Cement der Fabrik von Julius Diß in Bergisch-Gladbach. Antr.: Stadtbaurath Frings zu Düsseldorf	1,877	1,282	36	29	2/3 1 1/6	4,0	20,5	17,1	69
34	Cement; Journ.-Nr. 9678	1,868	1,245	33,5	27,3	3 4 2/3	1,6	20,6	17,3	71
35	Cement; Ursprungsangabe nicht gestattet	1,944	1,318	30,5	25,0	1 1 1/2	7,8	20,5	17,2	72
36	Desgl.	1,913	1,310	32	25	1 3/4 3	5,2	20,0	17,2	74
37	Cement; ohne Angabe über den Ursprung. Von der Filiale Itzehoe eingesandt. Antr.: Alsensche Portland-Cementfabriken zu Hamburg	1,623	1,090	41	32,5	3 1/2 6 5/6	2,4	21,0	17,3	72

12.			13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.
ahlung. tände bei			Reiner Cement					Spec.	100 Gewichtstheile Cement und 300 Gewichtstheile Normalsand				
600	324	180	Wasser in den Cement-proben	Zugfestigkeit kg/qcm		Dichte der Proben		Ge-wicht	Wasser in den 1 + 3 Mörtel-proben	Zugfestigkeit kg/qcm		Dichte der Proben	
auf den qcm						Zug $\frac{G_z}{V} = \gamma$	Druck $\frac{G_d}{V_1} = \gamma_1$					Zug $\frac{G_z}{V} = \gamma$	Druck $\frac{G_d}{V_1} = \gamma_1$
%	%	%	%	7 Tage	28 Tage				%	7 Tage	28 Tage		
									10	**97,5**	**144,2**		**2,237**
0,0	—	—							10	12,90	19,55	2,239	
0,0	—	—							10	18,98	25,50	2,254	
0,0	—	—							8,50	15,90	22,23	2,268	
—	—	—							10	17,98	24,93	2,268	
									10	**122,5**	**167,0**		**2,220**
0,0	—	—							10	13,83	17,43	2,225	
									10	**100,0**	**152,3**		**2,220**
0,0	—	—							10	11,10	15,88	2,225	
									10	**136,6**	**197,0**		**2,223**
1,0	0,5	0,0							10	18,05	22,73	2,225	
—	—	—							10	16,78	21,93	2,239	
									10	**152,9**	**217,6**		**2,234**
0,6	0,0	—							10	18,03	22,48	2,239	
									10	**158,9**	**245,6**		**2,234**
0,3	0,0	—							10	17,70	21,20	2,239	
									10	**166,8**	**232,2**		**2,234**
0,5	0,0	—							10	18,28	22,18	2,239	
0,0	—	—						3,162	10	15,70	19,85	2,268	
			22,5	**108,0**	**183,8**		**1,924**		**10**	**44,2**	**84,9**		**2,208**
0,1	0,0	—	22,5	19,05	29,90	1,930		2,778	10	6,95	14,90	2,211	
									10	**109,4**	**167,8**		**2,225**
0,6	0,5	0,1							10	12,80	18,60	2,225	
									10		**161,8**		**2,197**
2,0	1,0	0,0											
									10	**102,9**	**159,1**		**2,197**
3,0	2,0	0,8							10	14,03	19,28	2,197	
									10	**88,0**	**134,0**		**2,237**
0,0	—	—							10	10,43	14,90	2,239	
1,0	0,3	0,0							10		17,60	2,225	
									9,5	**124,5**	**196,1**		**2,237**
0,5	0,0	—							9,5	14,98	20,08	2,239	
									9,25	**101,5**	**152,9**		**2,234**
2,5	1,0	0,0							9,25	12,80	16,48	2,239	
—	—	—	19	46,38		2,113			10	25,54		2,254	

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.
Laufende Nr.	Cement-Marke	Gewicht des reinen Cementes eingerüttelt kg/Liter	Gewicht des reinen Cementes eingelaufen kg/Liter	Wasser im reinen Cement für syrupartige Konsistenz %	Wasser im reinen Cement beim Abbinden auf Glas %	Abbindezeit Std.	Temperatur-Erhöhung C°	Beim Probemachen war die Temperatur der Luft C°	Beim Probemachen war die Temperatur des Anmachewassers C°	Beim Probemachen war die Feuchtigkeit der Luft %
38	Cement; ohne Ursprungsangabe. Antr.: Kgl. Hafen-Bauinsp. Wilhelms zu Neufahrwasser	1,740	1,142	38,5	30	32 Min. 4½	4,2	20,5	17,2	72
39	Cement der Oberschles. Portland-Cementfabrik in Oppeln. Antr.: Moritz Priebs in Dresden	1,972	1,310	32	25	3⅓ 6½	2,4	21,0	17,2	69
40	Portland-Cement der Fabrik „Saxonia" zu Glöthe bei Förderstedt. Antr.: Kgl. Abth.-Baumeister Maeltzer zu Buckau	1,919	1,215	35	29	3 Min. 16 Min.	10,4	21,5	17,5	82
41	Cement der Bremer Portland-Cementfabrik „Porta". Antr.: Dombaumeister Salzmann zu Bremen	1,873	1,247	33,5	27,5	7 Min. 15 Min.	14,2	21,5	17,2	75
42	Cement der Wicking'schen Portland-Cement- und Wasserkalkwerke Recklinghausen zu Lengerich in Westfalen	1,904	1,228	60	45	1 Min. 15 Min.	9,2	21,5	17,2	71
43	Cement der Portland-Cementwerke Höxter-Godelheim, Act.-Gesellsch. zu Höxter a. d. W.	1,707	1,150	42	34	3½ 9⅓	1,0	21,0	17,2	72
44	Cement der Vorwohler Portland-Cementfabrik. Antr.: Stadtbaumeister Walter zu Düsseldorf.	1,839	1,247	36	28,3	1⅔ 7⅔	1,0	20,5	17,3	71
45	Schnellbindender Cement; ohne Ursprungsang. Antr.: Stadtbaumeister Walter zu Düsseldorf.	1,801	1,190	38	30,5	3⅓ 6	0,6	21,0	17,3	72
46	Cement der Alsenschen Portland-Cementfabriken aus der Filiale in Itzehoe	1,813	1,215	36	28,5	1 4	3,7	19,5	17,1	82
47	Cement; Ursprungsangabe nicht gestattet	1,817	1,165	38	31	15 Min. 30 Min.	10,0	19,6	17,0	76
48	Cement der Cementfabrik Hemmoor vormals J. H. Hagenah in Hemmoor. Antr.: Kaiserl. Fortifikation zu Wilhelmshaven	1,752	1,138	37,5	29,5	1½ 4⅓	1,8	20,5	17,2	81
49	Portland-Cement; Journ.-Nr. 9877	1,803	1,208	36	28	4⅚ 8	1,0	20,0	17,0	76
50	Cement; Journ.-Nr. 9878	1,988	1,425	31,5	25,5	8⅓ 11	1,6	19,5	17,1	79
51	Portland-Cement der Mannheimer Portland-Cementfabrik zu Mannheim	1,979	1,305	33	27	5⅓ 8	3,2	19,5	17,4	76
52	Portland-Cement; Journ.-Nr. 9880	1,879	1,272	35	28,5	5¼ 8½	3,0	19,5	17,2	76
53	Portland-Cement; Journ.-Nr. 9889	1,838	1,175	36	28,5	20 Min. 1	6,5	19,8	17,2	78
54	Portland-Cement; Ursprungsangabe nicht gestattet	1,896	1,245	33,5	26	5⅔ 7⅓	4,4	19,2	17,0	78
55	Schlacken-Cement; Ursprungsangabe nicht gestattet	1,543	0,935	43	33	5 9½	1,0	19,0	17,1	78
56	Cement; Journ.-Nr. 9958	2,027	1,450	31,5	25	5½ 7⅚	1,6	19,5	17,4	77

[1]) Die sowohl für reinen Cement als auch in 1 : 3 angegebenen Zahlen sind die Ergebnisse für Proben, welche die ersten 24 Stunden an der Luft erhärteten, dann 1. 20 Stunden in den Frost von — 12 C° bis — 15 C°, 2. 4 Stunden zur Aufthauung unter Wasser von 18 C°, 3. nochmals 20 Stunden in den Frost, 4. 4 Stunden zur Aufthauung und die übrige Zeit unter Wasser lagen.

12.				13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.
Mahlung. ückstände bei				Reiner Cement					Spec.	100 Gewichtstheile Cement und 300 Gewichtstheile Normalsand				
900	600	324	180	Wasser in den Cement-proben	Zugfestigkeit kg/qcm		Dichte der Proben		Ge-wicht	Wasser in den 1 + 3 Mörtel-proben	Zugfestigkeit kg/qcm		Dichte der Proben	
en auf den qcm							Zug $\frac{G_z}{V} = \gamma$	Druck $\frac{G_d}{V_1} = \gamma_1$					Zug $\frac{G_z}{V} = \gamma$	Druck $\frac{G_d}{V_1} = \gamma_1$
%	%	%	%	%	7 Tage	28 Tage				%	7 Tage	28 Tage		
										10		**161,8**		**2,234**
2,0	1,0	0,2	0,0							10		20,80	2,239	
4,0	1,0	0,2	0,0	16	57,90		2,239							
				18,5	**315,8**	**408,2**		**2,194**		**10**	**161,6**	**220,3**		**2,254**
2,0	0,0			18,5	41,08	47,45	2,197		3,125	10	17,05	21,65	2,254	
				18,5	**310,2** [1])	**403,9** [1])		**2,194**		**10**	**146,6** [1])	**206,9** [1])		**2,254**
				18,5	40,48[1])	46,75[1])	2,197			10	15,10[1])	21,45[1])	2,254	
1,5	0,4	0,0	—											
				23	**332,3**	**465,5**		**2,082**		**11**	**181,8**	**251,5**		**2,265**
0,0	—	—	—	23	47,05	47,43	2,085		3,165	11	23,13	26,90	2,268	
				19	**306,1**	**384,4**		**2,099**		**10**	**138,4**	**183,0**		**2,237**
1,0	0,0	—	—	19	36,70	44,90	2,099		3,086	10	17,58	24,60	2,239	
										10	**147,3**	**198,5**		**2,251**
4,0	1,0	0,0	—							10	19,05	25,38	2,254	
										10	**133,1**	**185,8**		**2,254**
0,6	0,0	—	—							10	15,90	19,85	2,254	
0,5	0,0	—	—	18	58,15		2,183			10	23,93		2,254	
1,0	0,3	0,1	0,0							10	6,33	11,33	2,254	
				17,5	**401,3**	**502,2**		**2,192**		**10**	**129,5**	**183,0**		**2,265**
1,5	1,0	0,4	0,0	17,5	46,48	52,68	2,197		3,160	10	16,00	21,55	2,268	
										10	**86,9**	**145,1**		**2,223**
1,0	0,5	0,2	0,0							10	12,30	18,35	2,225	
										9	**112,9**	**165,2**		**2,225**
1,0	0,8	0,5	0,1							9	13,48	19,50	2,225	
				17	**333,0**	**437,9**		**2,208**		**9,5**	**152,7**	**190,3**		**2,265**
1,5	0,8	0,1	0,0	17	46,43	55,90	2,211		3,125	9,5	19,05	22,08	2,268	
				18	**421,9**	**522,7**		**2,180**		**10**	**150,3**	**214,8**		**2,237**
2,0	0,3	0,0	—	18	45,10	57,62	2,183		3,112	10	19,15	24,13	2,239	
				18	**325,2**	**430,5**		**2,183**		**10**	**125,0**	**188,1**		**2,254**
0,0	—	—	—	18	37,30	45,35	2,183		3,106	10	14,33	20,15	2,254	
				16,75	**425,9**	**532,4**		**2,234**		**9,5**	**117,7**	**174,5**		**2,237**
0,4	0,0	—	—	16,75	46,60	51,38	2,239		3,117	9,5	16,25	21,68	2,239	
										9,5		**161,7** [2])		**2,237**
										9,5		17,78[2])	2,239	
				21	**260,2**	**354,1**		**1,958**		**10**	**129,9**	**203,9**		**2,248**
1,5	0,9	0,5	0,0	21	34,20	41,88	1,958		2,717	10	20,80	27,85	2,254	
										10		**131,8** [2])		**2,248**
										10		14,73[2])	2,254	
										9	**120,7**	**165,5**		**2,208**
1,0	0,6	0,3	0,1							9	15,00	19,90	2,211	

[2]) Die in Spalte 20 angegebenen Zahlen sind Werthe für Proben, welche nur an der Luft erhärteten.

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	1
Laufende Nr.	Cement-Marke	Gewicht des reinen Cementes eingerüttelt kg/Liter	Gewicht des reinen Cementes eingelaufen kg/Liter	Wasser im reinen Cement für syrupartige Konsistenz %	Wasser im reinen Cement beim Abbinden auf Glas %	Abbindezeit Std.	Temperatur-Erhöhung C°	Beim Probema war die Temperatur der Luft C°	Beim Probema war die Temperatur des Anmachewassers C°	Je
67[1])	Cement; Journ.-Nr. 10002	1,795	1,186	37	29,8	4⅝ 8	0,6	19,4	17,2	7
68[2])	Cement; Journ.-Nr. 10003	1,746	1,141	37	29,3	2⁵/₁₂ 5¹/₁₂	1,0	19,6	17,2	7
69	Cement bez. F. H. R. & Co.; ohne Ursp.-Ang. Antr.: F. H. Reute & Co. zu Hamburg .	2,001	1,292	33	27	4 6	3,6	19,5	17,2	7
70	Portland-Cement der Portland-Cementfabrik „Germania" H. Manske & Co. zu Lehrte	1,930	1,300	32	26,5	5 7	1,6	19,0	17,2	7
71	Portland-Cement; Ursprungsangabe nicht gestattet. Antr.: Kgl. Reg.-Baumeister Stabel zu Straßburg i. E.	1,842	1,218	34	26,5	1¼ 3⅛	1,6	19,0	17,2	7
72	Cementprobe I; ohne Ursprungsangabe. Antr.: Kgl. Bau-Abtheil. Lobenstein zu Lobenstein	1,952	1,265	35	28	1 2½	2,4	19,2	17,2	7
73	Cementprobe II; desgl.	1,942	1,295	34	27	50 Min. 1⅔	2,8	19,0	17,2	7
74	Cementprobe III; desgl.	1,934	1,240	34	26,8	1 2⅛	2,4	19,3	17,0	7
75	Cement der Stettin-Gristower Portland-Cementfabrik zu Cammin in Pommern. Antr.: Kgl. Eisenbahn-Direktion, Bau-Abth. für das Geschäftsgebäude in Berlin	1,804	1,140	36	28	1 2⅝	4,2	19,5	17,2	7
76	Cement; Journ.-Nr. 10039	1,710	1,117	37,5	29,5	10 Min. 20 Min.	8,6	18,0	17,0	6
77	Portland-Cement von Redlich, Ohrenstein & Spitzer, k. u. k. priv. Beocsiner Roman-Cement und Portland-Cementfabrik zu Cerevic bei Peterwardein	2,019	1,272	30	24	2⅔ 3⅝	4,4	18,5	17,0	6
78	Tessin-Cement der Kalk- och Cement-Actie-Bolaget Tessin in Stockholm	1,225	0,775	60	45,8	3¼ 6½	1,0	18,3	17,0	6
79	Langsam bindender Cement der Lägerdorfer Portland-Cementfabrik von Eug. Lion & Co. zu Hamburg	1,935	2,262	32,5	27	10 Min. 30 Min.	7,8	18,6	17,0	6
80	Puzzolan-Cement des Georgs-Marien Bergwerks und Hütten-Vereins zu Osnabrück .	1,467	0,925	50	39	1⁵/₁₂ 4½	2,6	18,4	17,0	7

[1]) Die Prüfung auf Abnutzbarkeit, ausgeführt an Würfeln mit 50 qcm Fläche ergab für 28 Tage alte Proben aus 1 Gew.-Thl. Normalsand, welche den ersten Tag an der Luft dann sechs Tage unter Wasser und dann wieder 21 Tage an der Luft erhärteten, bei einem Gewicht der Probestücke von durchschnittlich 786,2 g und dem specifischen Gewicht von 2,215 im Mittel aus fünf Versuchen die Abnutzung von $\frac{9,6}{5} = 1,9$ g $= \frac{1,9}{2,215}$ ccm $= 0,867$ ccm.

[2]) Die Prüfung auf Abnutzbarkeit, ausgeführt an Würfeln mit 50 qcm Fläche ergab für 28 Tage alte Proben aus 1 Gew.-Thl. Cement und 1 Gew.-Thl. Normalsand, welche den ersten Tag an der Luft dann sechs Tage unter Wasser und dann wieder 21 Tage an der Luft erhärteten, bei einem Gewicht der Probestücke von durchschnittlich 774,0 g und dem specifischen Gewicht von 2,180 im Mittel aus fünf Versuchen die Abnutzung $\frac{13,9}{5} = 2,8$ g $= \frac{2,8}{2,180}$ ccm $= 1,275$ ccm.

12.				13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.
ahlung. stände bei				Reiner Cement					Spec.	100 Gewichtstheile Cement und 300 Gewichtstheile Normalsand				
600	324	180		Wasser in den Cement-proben	Zugfestigkeit kg/qcm		Dichte der Proben		Ge-wicht	Wasser in den 1 + 3 Mörtel-proben	Zugfestigkeit kg/qcm		Dichte der Proben	
auf den qcm							Zug $\frac{G_z}{V} = \gamma$	Druck $\frac{G_d}{V_1} = \gamma_1$					Zug $\frac{G_z}{V} = \gamma$	Druck $\frac{G_d}{V_1} = \gamma_1$
%	%	%		%	7 Tage	28 Tage				%	7 Tage	28 Tage		
	0,0	—	—											
	1,0	0,0	—											
	—	—	—	17	61,65	67,63	2,169			10	22,60	26,70	2,254	
										9,75	**158,6**	**205,1**		**2,248**
	0,1	0,0	—							9,75	19,38	24,90	2,254	
										10	**83,6**	**134,4**		**2,237**
	1,0	0,1	0,0							10	11,05	16,68	2,239	
	0,1	0,0	—							10	13,08[3])		2,225	
	0,1	0,0	—							10	16,73[3])		2,225	
	0,3	0,0	—							10	13,60[3])		2,225	
										10	**108,4**	**158,2**		**2,208**
	1,0	0,4	0,0							10	14,25	19,50	2,211	
										10	**92,5** [4])	**134,6** [4])		**2,208**
										10	9,54[4])	16,04[4])	2,211	
										10	**112,2**	**156,9**		**2,220**
	2,0	1,0	0,3						3,132	10	12,33	18,43	2,225	
	0,0	—	—							8,25		23,68	2,211	
										10	**182,5**	**228,9**		**2,220**
	—	—	—						2,604	10	28,00	32,35	2,225	
				17	**334,9**	**435,9**		2,180		**10**	**147,4**	**200,5**		**2,248**
	0,0	—	—	17	44,93	53,00	2,183		3,164	10	17,98	23,70	2,254	
				17	**324,9** [5])	**415,7** [5])		2,180		**10**	**128,1** [5])	**180,5** [5])		**2,248**
				17	44,75[5])	50,00[5])	2,183			10	16,10[5])	21,95[5])	2,254	
				30	52,40[6])	61,10[6])	2,324							
				25	**228,1**	**329,5**		1,966		**10**	**120,2**	**189,0**		**2,265**
	—	—	—	25	29,13	41,45	1,972		2,874	10	16,48	26,88	2,268	
				25	**207,7** [5])	**313,6** [5])		1,966		**10**	**90,9** [5])	**166,8** [5])		**2,265**
				25	19,23[5])	33,95[5])	1,972			10	13,98[5])	20,38[5])	2,268	
				45	35,15[6])	48,73[6])	2,169							

[3]) Die in Spalte 19 angegebenen Zahlen sind Werthe für acht Tage alte Probekörper, welche den ersten Tag an der Luft leben Tage unter Wasser erhärteten.

[4]) Die in Spalte 19 und 20 angegebenen Zahlen sind Werthe für Proben, welche nur unter Wasser erhärteten.

[5]) Die sowohl für reinen Cement als auch in 1 : 3 angegebenen Zahlen sind die Ergebnisse für Proben, welche die ersten tunden an der Luft erhärteten, dann 1. 20 Stunden in den Frost von — 12 C° bis — 15 C°, 2. 4 Stunden zur Aufthauung Wasser von 18 C°, 3. nochmals 20 Stunden in den Frost, 4. 4 Stunden zur Aufthauung und die übrige Zeit unter r kamen.

[6]) Die in Spalte 14 und 15 angegebenen Zahlen sind Ergebnisse für Proben, welche auf Gipsunterlagen eingegossen wurden den ersten Tag an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser erhärteten.

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11
Laufende Nr.	Cement-Marke	Gewicht des reinen Cementes eingerüttelt kg/Liter	Gewicht des reinen Cementes eingerüttelt kg/Liter	Wasser im reinen Cement für syrupartige Konsistenz %	Wasser im reinen Cement beim Abbinden auf Glas %	Abbindezeit Std.	Temperatur-Erhöhung C°	Beim Probemach war die Temperatur der Luft C°	Beim Probemach war die Temperatur des Anmachewassers C°	Fe tig
81[1]	Rasch bindender Cement des Bonner Bergwerks und Hütten-Verein Actien-Gesellschaft zu Obercassel bei Bonn	1,884	1,285	37	31	3 Min. 20 Min.	8,6	—	—	–
82	Portland-Cement; Journ.-Nr. 10093 . . .	1,978	1,352	32	26	2 4	3,2	19,1	17,0	7
83	Cement der Bremischen Portland Cementfabrik „Porta" zu Bremen. Antr.: Bauinspector C. Clausen in Bremen	1,834	1,270	35	28	3½ 6	3,8	18,8	17,0	6
84	Cement; ohne Ursprungsangabe. Antr.: Kgl. Reg.-Baumeister Haesler in Pinnow bei Birkenwerder	1,773	1,196	36	28,3	2⅙ 4⅚	2,0	18,6	17,2	69
85	Cement bez. F. H. R. & Co. Antr.: F. H. Ruete & Co. zu Hamburg	1,895	1,272	33	27	4 8	2,4	18,5	18,2	71
86	Cement der Alsenschen Portland-Cementfabrik zu Hamburg aus der Fabrik Itzehoe . .	1,910	1,270	34	27	4 6	3,0	19,0	17,2	50
87	Sample of Alsens-Cement. Tested by Sewerage Departement. Set in 10 minutes .	0,467 [2]	0,307 [2]	36	29	4 Min. 9 Min.	10,7	21,0	20,0	60
88	Sample of Alsens-Cement. Tested by the Railway Department. Set in 20/25 minutes	0,438 [2]	0,283 [2]	37,5	30,5	7 Min. 13 Min.	11,2	21,0	20,0	60
89	Sample of Alsens-Cement. Tested by the Railway Department. Set in 1 hour 30 to 1 hour 50 minutes	0,463 [2]	0,289 [2]	36,8	29,5	25 Min. 40 Min.	8,4	19,8	18,0	55
90	Portland-Cement von Redlich, Ohrenstein & Spitzer, k. u. k. priv. Beocsiner Roman-Cement- und Portland-Cementfabrik zu Cerevic bei Peterwardein	1,981	1,325	32	25	2½ 5⅓	3,8	19,0	16,6	50
91	Roman-Cement von Redlich, Ohrenstein & Spitzer, k. u. k. priv. Beocsiner Roman-Cement- u. Portland-Cementfabrik zu Cerevic bei Peterwardein	1,296	0,853	57,5	48,0	9 Min. 18 Min.	11,3	18,8	17,8	55
92	Portland-Cement; Journ.-Nr. 10297 . . .	1,773	1,123	37,5	30,5	3¼ 6	0,6	21,0	20,4	5
93	Portland-Cement; Journ.-Nr. 10298 . . .	1,776	1,190	37	30	6 8⅚	0,4	20,0	18,8	5

[1] Der in einem Raume von 10 bis 11 C° angemachte Cement ergab für das auf dieselbe Temperatur gebrachte Anmachewasser von 31 % die Abbindezeit von 21 Minuten bei einem Erhärtungsanfang von 4 Minuten und einer Temperatur-Erhöhung von 12,7 C°.

[2] Die in Spalte 3 u. 4 angegebenen Gewichte sind Ergebnisse, welche mit 0,25 Liter Cement ermittelt wurden.

[3] Spalte 14 und 19 giebt Zug- resp. Druckfestigkeit nach 90 Tagen an.

[4] „ 15 und 20 „ „ „ „ „ 180 „ „

[5] „ 14 und 19 „ „ „ „ „ 365 „ „

12.			13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.
ahlung. stände bei			Reiner Cement					Spec. Gewicht	100 Gewichtstheile Cement und 300 Gewichtstheile Normalsand				
600	324	180	Wasser in den Cementproben	Zugfestigkeit kg/qcm		Dichte der Proben			Wasser in den 1 + 3 Mörtelproben	Zugfestigkeit kg/qcm		Dichte der Proben	
auf den qcm						Zug $\frac{G_z}{V}=\gamma$	Druck $\frac{G_d}{V_1}=\gamma_1$					Zug $\frac{G_z}{V}=\gamma$	Druck $\frac{G_d}{V_1}=\gamma_1$
%	%	%	%	7 Tage	28 Tage				%	7 Tage	28 Tage		
0,1	0,0	—							**9,5**	**119,1**	**157,7**		**2,223**
0,1	0,0	—							9,5	15,68	18,65	2,225	
1,0	0,0	—							10	14,00	18,13	2,268	
0,1	0,0	—							**10**	**133,5**	**192,9**		**2,248**
									10	17,33	23,05	2,254	
	—	—	17	39,48	48,88	2,204			10	14,88	18,90	2,225	
—	—	—	17,5	66,93		2,211			10	24,98		2,239	
0,0	—	—											
0,3	0,0	—											
0,6	0,0	—											
			16	**318,3**	**417,7**		**2,237**		**8,25**	**147,3**	**194,5**		**2,248**
0,1	0,0	—	16	45,18	56,20	2,239		3,164	8,25	18,53	23,50	2,254	
			16	**492,8** [1])	**656,0** [1])		**2,237**		**8,25**	**254,8** [1])	**288,8** [1])		**2,248**
			16	65,75[2])	66,35[4])	2,239			8,25	27,20[3])	30,00[4])	2,239	
			16	**681,0** [1])			**2,237**		**8,25**	**316,6** [1])			**2,248**
			16	68,08[3])		2,239			8,25	32,45[3])		2,239	
			16	**321,3** [1])	**413,8** [1])		**2,237**		**8,25**	**127,8** [1])	**182,3** [1])		**2,248**
			16	41,93[2])	59,25[3])	2,239			8,25	15,75[4])	23,20[6])	2,254	
			32	43,45[7])	58,08[7])	2,268							
			31	**75,0**	**84,9**		**1,916**		**12**	**47,1**	**50,3**		**2,234**
5,0	2,0	0,0	31	10,85	10,53	1,929		3,012	12	5,30	9,10	2,239	
			31	**130,4** [1])	**183,6** [1])		**1,916**		**12**	**76,1** [1])	**126,2** [1])		**2,234**
			31	19,95[2])	27,28[3])	1,929			12	16,95[4])	25,10[6])	2,239	
			31	**254,6** [10])			**1,916**		**12**	**211,3** [10])			**2,234**
			31	34,43 [10])		1,929			12	30,88[10])		2,239	
									10	**287,2**	**358,9**		**2,282**
—	—	—							10	26,85	32,00	2,282	
									10	**123,8**	**174,8**		**2,265**
0,2	0,0	—							10	14,25	17,18	2,268	

[1]) Die sowohl für reinen Cement als auch in 1 : 3 angegebenen Zahlen sind die Ergebnisse für Proben, welche die ersten nden an der Luft erhärteten, dann 1. 20 Stunden in den Frost von — 12 C° bis — 15 C°, 2. 4 Stunden zur Aufthauung Wasser von 18 C°, 3. nochmals 20 Stunden in den Frost, 4. 4 Stunden zur Aufthauung und die übrige Zeit unter Wasser kamen.

[2]) Spalte 14 und 15 giebt Zugfestigkeit für auf Gipsunterlagen eingegossene Proben an, welche den ersten Tag an der ie übrige Zeit unter Wasser erhärteten.

[3]) Spalte 14 und 19 giebt Zug- resp. Druckfestigkeit nach 90 Tagen an.
[4]) . 15 und 20 . . . . . 180 . .
[5]) . 14 und 19 . . . . . 365 . .

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.
Laufende Nr.	Cement-Marke	Gewicht des reinen Cementes		Wasser im reinen Cement		Abbindezeit	Temperatur-Erhöhung	Beim Probemachen war die		
		eingerüttelt	eingelaufen	für syrupartige Konsistenz	beim Abbinden auf Glas			Temperatur der Luft	Temperatur des Anmachewassers	Feuchtigkeit der Luft
		kg/Liter		%	%	Std.	C°	C°	C°	%
94[1]	Portland-Cement; Journ. Nr. 10299 . . .	1,930	1,295	29	22,5	3 5	1	21,0	20,0	50
95	Portland-Cement; Ursprungsangabe nicht gestattet	1,868	1,262	38	31	10 Min. 30 Min.	6,4	20,0	16,5	50
96	Cement; Journ.-Nr. 10351	1,807	1,210	37	29,5	5 7	1,2	19,0	17,2	55
97	Portland-Cement; Journ.-Nr. 10371 . . .	2,003	1,340	30	24	4⅚ 7½	4,2	19,0	15,0	45
98	Portland-Cement; Journ.-Nr. 10383 . . .	2,026	1,384	31,5	26	3 Min. 22 Min.	6,0	18,0	17,5	52
99	Cement; ohne Ursprungsangabe. Antr.: General-Konsul W. H. Edward zu Berlin	1,872	1,275	34,5	27	1⅔ 4	4,2	19,0	17,8	50
	Cemente aus dem									
1	Cement; Ursprungsangabe nicht gestattet . .	1,769	1,140	37	29	3⅙ 6⅔	1,0	18,6	18,0	48
2	Desgl.	1,895	1,260	37,5	28,6	1⅙ 3½	4,6	19,0	17,0	50
3[2]	Cement der Portland-Cementfabrik Hemmoor (vorm. J. H. Hagenah) zu Hemmoor a. d. Oste	1,751	1,203	38	30,4	6½ 9	2,2	19,0	17,0	50
4	Portland-Cement; Journ.-Nr. 10436 . . .	1,833	1,228	36	28,2	1 5	2,4	19,0	17,0	50
5	Cement; Ursprungsangabe nicht gestattet . .	1,802	1,175	37	29,4	2⅙ 4	2,6	19,0	16,8	56
6[1]	Portland-Cement; Journ.-Nr. 10449 . . .	2,042	1,386	30,5	25	4 Min. 16 Min.	11,0	19,0	17,4	50
7	Portland-Cement; Journ.-Nr. 10450 . . .	1,968	1,290	30,5	24	2 4	3,6	19,0	16,4	52
8	Cement; Ursprungsangabe nicht gestattet . .	1,937	1,319	33,5	27	15 Min. 30 Min.	11,2	19,0	17,4	55
9	Journ.-Nr. 10459; Antr.: Kgl. Fortifikation zu Thorn	1,966	1,340	33	26,8	⅔ 1½	4,6	18,5	18,0	48
10	Cement; Ursprungsangabe nicht gestattet . .	1,997	1,310	33,5	28,0	7 8¾	4,4	18,5	18,0	52
11	Desgl.	1,967	1,255	34,0	28,5	6 Min. 15 Min.	9,4	18,0	17,5	50
12	Desgl.	1,907	1,267	35,0	28,2	3 5⅓	3,0	18,5	18,0	49
13	Portland-Cement; Journ.-Nr. 10463 . . .	1,817	1,197	40,5	32,0	18 Min. 40 Min.	8,2	18,0	17,0	53
14	Cement; ohne Ursprungsangabe. Antr.: Hamburger Freihafen-Lagerhaus-Gesellschaft zu Hamburg	1,856	1,182	36,0	28,5	1⅔ 3⅓	5,0	18,0	17,5	56

[1] Volumenbeständigkeitsproben nicht bestanden.
[2] Der Cement wurde dem Antrage zufolge mit 8% Wasser angemacht.

12.				13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.
Rahlung. kstände bei				Reiner Cement					Spec. Gewicht	100 Gewichtstheile Cement und 300 Gewichtstheile Normalsand				
0	600	324	180	Wasser in den Cement-proben	Zugfestigkeit kg/qcm		Dichte der Proben			Wasser in den 1 + 3 Mörtel-proben	Zugfestigkeit kg/qcm		Dichte der Proben	
n auf den qcm							Zug $\frac{G_z}{V} = \gamma$	Druck $\frac{G_d}{V_1} = \gamma_1$					Zug $\frac{G_z}{V} = \gamma$	Druck $\frac{G_d}{V_1} = \gamma_1$
%	%	%	%	%	7 Tage	28 Tage				%	7 Tage	28 Tage		
										9	**162,6**	**234,1**		**2,254**
0	—	—	—							9	20,68	23,68	2,254	
0	0,3	0,0	—	19,5	21,80	28,00	2,155			10	7,33	13,13	2,239	
										10	**109,8**	**163,0**		**2,237**
7	0,4	0,0	—						3,125	10	12,43	16,75	2,239	
				15,5	**466,0**	**549,1**		**2,265**		**9**	**180,4**	**261,7**		**2,262**
0	0,2	0,0	—	15,5	54,28	60,93	2,268			9	21,45	24,90	2,268	
0	1,0	0,0	—	16,75	26,43	31,10	2,254			10	8,33	10,55	2,254	
0	0,3	0,0	—						3,164	10	17,95	24,38	2,254	

ebsjahre 1892/93.

0	1,0	0,5	0,0							8[1])	14,05	19,43	2,254	
										10	**125,9**	**158,2**		**2,254**
0	0,5	0,2	0,0						3,125					
0	0,2	0,0												
										8[1])	**148,4**	**218,0**		**2,234**
3	0,0	—	—							8[1])	16,20	21,00	2,236	
0	,0	0,5	0,0							8[1])	13,78	18,65	2,268	
										9	**67,2**	**66,0**		**2,220**
0	0,2	0,0								9	5,83	8,78	2,225	
										9	**168,3**	**242,9**		**2,234**
0	1,5	0,5	0,0							9	19,85	23,98	2,239	
0	0,5	0,0	—							10	12,70	15,95	2,254	
										10	**76,7**	**142,1**		**2,234**
1	0,0	—	—							10	10,10	16,95	2,239	
0		—	—						3,165	10	17,30[2])		2,268	
										10	20,60	24,25	2,268	
0	0,	0,0	—						3,145	10	10,05[2])		2,254	
										10	14,38	18,25	2,254	
3	0,0	—	—						3,125	10	11,90[2])		2,254	
										10	15,58	20,63	2,254	
1	0,0	—	—						3,106	10	10,20	12,68	2,254	
										10	**130,7**	**185,1**		**2,234**
0	,0	0,6	0,0						3,145	10	14,75	19,55	2,239	

[1]) Der Glühverlust des Cementes ergab sich im Mittel aus zwei Versuchen auf: 3,34 %.
[2]) Zugfestigkeit nach drei Tagen.

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.
Laufende Nr.	Cement-Marke	Gewicht des reinen Cementes eingerüttelt kg/Liter	Gewicht des reinen Cementes eingelaufen kg/Liter	Wasser im reinen Cement für syrupartige Konsistenz %	Wasser im reinen Cement beim Anbinden auf Glas %	Abbindezeit Std.	Temperatur-Erhöhung C°	Beim Probemachen war die Temperatur der Luft C°	Beim Probemachen war die Temperatur des Anmachewassers C°	Beim Probemachen war die Feuchtigkeit der Luft %
15	Portland-Cement; Ursprungsangabe nicht gestattet	1,808	1,150	38,0	30,0	3 Min. 13 Min.	14	18	17	54
16	Cementprobe 1 ohne Angabe über den Ursprung. Antr.: Kgl. Festungsbauleitung zu Helgoland	1,837	1,212	35,5	28	8 Min. 23 Min.	9	18,0	17,2	54
17	Cementprobe 2; desgl.	1,844	1,237	36	28	3 1/3 8 1/3	3,8	18	17	60
18	Cement; Journ.-Nr. 10513	1,919	1,300	33,5	28	6 Min. 35 Min.	9	19,5	17	60
19	Cement; Journ.-Nr. 10514	2,047	1,390	31	25	40 Min. 1 2/3	6,8	20	18	65
20	Langsamer Cement der Alsen'schen Portland-Cementfabriken zu Hamburg	1,847	1,258	36	29	3 3/4 6 1/2	5,6	21	18,2	62
21	Cement; Ursprungsangabe nicht gestattet	1,887	1,260	37,5	31	1 3/4 4 1/2	6,4	22,0	18,8	60
22	Cement; ohne Ursprungsangabe. Antr.: Gesellschaft für Cement-Stein-Fabrikation Hüser & Co. zu Obercassel-Siegkreis	1,967	1,320	34	28	9 Min. 30 Min.	8,2	22	19	65
23	Cement; Journ.-Nr. 10540	1,931	1,305	34,5	28,5	6 9	4,2	21	18,8	62
24	Cement; Journ.-Nr. 10541	1,941	1,295	34,0	28,3	3/4 2	5,2	18,8	21,0	65
25	Journ.-Nr. 10564; Antr.: Kgl. Fortifikation zu Thorn	1,965	1,332	34	27,8	2 1/2 4 1/3	5,8	21,5	18,8	66
26	Cement; Ursprungsangabe nicht gestattet	1,920	1,327	35	28	2 5 2/3	3,2	20,5	18,6	66
27	Desgl.	1,897	1,312	34	27	2 1/2 6 1/2	4,0	20,0	18,4	60
28	Portland-Cement; Ursprungsangabe nicht gestattet	2,016	1,365	33	26,5	5 7 1/2	2,4	20	18	62
29	Langsam bindender Portland-Cement; Ursprungsangabe nicht gestattet	1,767	1,205	39	31	3 1/4 8 1/4	2,4	20	18,2	65
30	Cement; Ursprungsangabe nicht gestattet	1,754	1,170	38	30	4 7	1,8	20	18,5	66
31	Portland-Cement; Journ.-Nr. 10628	1,840	1,217	36,5	29	1/2 1 1/4	4,6	20,5	18,8	68
32	Schnell bindender Cement; Journ.-Nr. 10629	1,813	1,178	38	30	8 Min. 20 Min.	8,2	21	19,2	66
33	Langsam bindender Cement; Journ.-Nr. 10630	1,863	1,179	36	29	6 Min. 25 Min.	7,6	22	20,2	68
34	Cement; ohne Ursprungsangabe. Antr.: Kgl. Eisenbahn-Direktion zu Bromberg	1,960	1,367	34	27	4 5/6 7 1/4	3,2	22,0	20,2	68
35	Desgl.	1,810	1,224	38	30,3	6 1/3 9	2,6	20	19	77
36	Desgl.	1,844	1,231	36	28	3/4 4 1/2	4,0	18,4	17,8	70
37	Portland-Cement; ohne Ursprungsangabe. Antr.: Kgl. Festungsbauleitung zu Helgoland	1,808	1,137	37	29,5	2 1/2 4 1/4	5,0	20,8	19,2	65
38	Portland-Cement; Journ.-Nr. 10635	1,949	1,300	34	27,8	3 1/3 7 5/6	4,0	21	19,2	63

12.				13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.
Mahlung. Rückstände bei				Reiner Cement					Spec. Gewicht	100 Gewichtstheile Cement und 300 Gewichtstheile Normalsand				
900	600	324	180	Wasser in den Cementproben	Zugfestigkeit kg/qcm		Dichte der Proben			Wasser in den 1 + 3 Mörtelproben	Zugfestigkeit kg/qcm		Dichte der Proben	
ben auf den qcm							Zug $\frac{G_z}{V} = \gamma$	Druck $\frac{G_d}{V_1} = \gamma_1$					Zug $\frac{G_z}{V} = \gamma$	Druck $\frac{G_d}{V_1} = \gamma_1$
%	%	%	%	%	7 Tage	28 Tage				%	7 Tage	28 Tage		
										10	**77,1**	**126,8**		**2,206**
2,0	1,0	0,7	0,1						3,086					
										10	**32,9**	**83,1**		**2,239**
2,0	1,0	0,3	0,0						3,125	10	6,60	13,73	2,239	
										10	**134,6**	**181,0**		**2,239**
1,0	0,3	0,0	—						3,145	10	18,50	25,50	2,239	
5,0	4,0	3,0	2,0						3,125	10	8,15	12,60	2,254	
										9	**76,8**	**123,5**		**2,225**
1,0	0,1	0,0	—							9	9,20	13,88	2,225	
1,0	0,1	0,0	—							10	21,65	26,95	2,254	
										10	**115,9**	**155,0**		**2,248**
3,0	—	—	—						3,094					
1,0	0,6	0,0	—						3,145	10	9,78	11,73	2,254	
1,0	0,4	0,0	—						3,106					
3,4	0,2	0,1	0,0						3,125					
										9,5	**91,7**	**142,8**		**2,225**
3,2	0,1	0,0	—						3,145					
										10	**90,6**	**145,5**		**2,225**
3,1	0,0		—											
										10	**118,3**	**171,7**		**2,234**
3,1	0,0	—	—											
1,0	0,1	0,0	—							9	15,58	19,88	2,254	
										10	**160,0**	**215,9**		**2,248**
2,0	0,7	0,1	0,0						3,145					
										10	**110,2**	**160,5**		**2,254**
1,0	0,5	0,0	—						3,125	10	14,83	21,65	2,254	
3,3	0,0	—	—							10		13,85	2,211	
										10	**94,0**	**148,4**		**2,254**
1,0	0,5	0,1	0,0							10	12,70	18,25	2,254	
										10	**127,9**	**191,8**		**2,223**
2,0	1,0	0,3	0,0							10	17,00	17,65	2,225	
										9,5	**182,2**	**254,7**		**2,211**
3,7	0,0	—	—						3,165	9,5	23,58	24,50	2,211	
										10	**199,6**	**292,8**		**2,254**
3,3	0,0	—	—						3,125	10	24,23	26,28	2,254	
										9,5	**89,1**	**145,0**		**2,220**
3,0	2,0	1,0	0,2						3,141	9,5	14,18	19,45	2,225	
										10	**109,0**	**170,9**		**2,268**
3,5	0,1	0,0	—						3,125	10	12,98	17,18	2,268	
				17,5	**252,7**	**328,2**		**2,197**		**9,5**	**122,5**	**180,7**		**2,265**
3,0	—	—	—	17,5	33,90	36,88	2,197		3,164	9,5	15,50	19,68	2,268	

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.
Laufende Nr.	Cement-Marke	Gewicht des reinen Cementes		Wasser im reinen Cement		Abbindezeit	Temperatur-Erhöhung	Beim Probemachen war die		
		eingerüttelt	eingelaufen	für syrupartige Konsistenz	beim Abbinden auf Glas			Temperatur der Luft	Temperatur des Anmachewassers	Feuchtigkeit der Luft
		kg/Liter		%	%	Std.	C°	C°	C°	%
39	Portland-Cement aus der Portland-Cementfabrik Halle a. S. in Halle a. S. Antr.: Magdeburger Bau- und Credit-Bank zu Magdeburg	1,868	1,276	36	29	13 Min. 1	5,4	21	19,8	60
40	Cement aus der Portland-Cementfabrik Ascania in Nienburg a. d. Saale. Antr.: Kgl. Elbbrückenbaubureau Blasewitz-Loschwitz zu Loschwitz	1,935	1,338	35	28	1 1/2 3	1,4	20,8	19,5	76
41	Cement aus den Oppelner Portland-Cementfabriken, vorm. F. W. Grundmann in Oppeln. Antr.: Kgl. Elbbrückenbaubureau Blasewitz-Loschwitz zu Loschwitz	2,031	1,362	33	27	6 8 1/2	3,0	20,5	19,4	77
42	Cement aus der Stettiner Portland-Cementfabrik Loßius-Delbrück in Stettin. Antr.: Kgl. Elbbrückenbaubureau Blasewitz-Loschwitz zu Loschwitz	1,973	1,318	34,5	27,2	3 1/2 7 1/3	3,0	19,0	18,2	75
43	Cement; Journ.-Nr. 10642	0,968 [1]	1,200	38	29,9	2 1/6 4 1/2	3,4	20	19	79
44	Portland-Cement; Antr.: Kgl. Fortifikation zu Graudenz	1,929	1,335	36	28,6	1 1/2 3 5/6	2,6	18	17,4	70
45	Cement; Ursprungsangabe nicht gestattet	1,755	1,168	39	31	5 8	0,6	18	17,8	70
46	Cement von Bruncknorst & Krogmann, Portland-Cementfabrik zu Buxtehude	1,907	1,240	37	28	2 3/4 6 3/4	3,0	19,0	18,6	62
47	Langsam bindender Portland-Cement aus der Stettin-Gristower Portland-Cementfabrik zu Cammin. Antr.: Kgl. Kreisbauinspektor Hoppen, zu Schwetz a. W.	1,741	1,127	37	29	1 1/6 4	4,4	19,5	18,6	65
48	Cement; Journ.-Nr. 10677	2,009	1,280	31,5	24,5	2 5/6 5	5,0	20,0	18,4	62
49	Portland-Cement der Portland-Cementfabrik der Aktien-Gesellschaft für Rheinisch-Westphälische Industrie zu Beckum	1,969	1,300	34,5	29	6 8 1/3	4,0	20,5	18,6	70
50	Cement; Journ.-Nr. 10681	1,965	1,345	34	27,5	4 5/6 6 5/6	4,4	21	19	70
51	Portland-Cement; Journ.-Nr. 10684	1,734	1,080	39	31	3 Min. 10 Min.	13,2	21	19,6	70
52	Cement; Antr.: Kgl. Regierungs-Baumeister Kersjes zu Spandau	1,841	1,257	38	30,5	1 1/6 3	2,8	21	19,8	72
53	Cement; ohne Ursprungsangabe. Antr.: Ingenieur Kölzow zu Jena	1,726	1,127	38	30,5	1 3/4 7	2,2	21,0	19,2	55

[1]: Die sowohl für reinen Cement als auch für die Mörtelproben der Mischung 1 : 3 angegebenen Zahlen sind die Ergebnisse für Proben, welche die ersten 24 Stunden an der Luft erhärteten, 20 Stunden dem Frost bei — 12 C° bis — 15 C° ausgesetzt und dann 4 Stunden zur Auftauung in Wasser von 18 C° gelegt wurden. Hierauf wurden die Proben nochmals 20 Stunden der gleichen Frostbeanspruchung ausgesetzt und erhärteten nach erfolgter Auftauung die übrige Zeit unter Wasser.

12.				13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.
Mahlung. Rückstände bei				Reiner Cement					Spec. Gewicht	100 Gewichtstheile Cement und 300 Gewichtstheile Normalsand				
900	600	324	180	Wasser in den Cementproben	Zugfestigkeit kg/qcm		Dichte der Proben			Wasser in den 1 + 3 Mörtelproben	Zugfestigkeit kg/qcm		Dichte der Proben	
chen auf den qcm							Zug $\frac{G_z}{V}=\gamma$	Druck $\frac{G_d}{V_1}=\gamma_1$					Zug $\frac{G_z}{V}=\gamma$	Druck $\frac{G_d}{V_1}=\gamma_1$
%	%	%	%	%	7 Tage	28 Tage				%	7 Tage	28 Tage		
				18,5	**237,0**	**304,6**		**2,192**		**10**	**117,8**	**172,1**		**2,254**
0,1	0,0	—	—	18,5	35,90	37,78	2,197		3,156	10	16,25	21,53	2,254	
				18	**189,6**	**269,4**		**2,155**		**9,5**	**71,6**	**124,3**		**2,211**
3,0	2,0	1,0	0,2	18	28,03	36,28	2,155		3,125	9,5	10,10	13,88	2,211	
				18	**190,7** [1]	**268,5** [1]		**2,155**		**9,5**	**62,4** [1]	**111,6** [1]		**2,211**
				18	27,70[1]	35,18[1]	2,155			9,5	9,60[1]	13,33[1]	2,211	
				17	**459,8**	**496,1**		**2,197**		**9,5**	**188,5**	**262,8**		**2,248**
1,0	0,0	—	—	17	66,03	72,30	2,197		3,158	9,5	22,78	25,63	2,254	
				17	**438,9** [1]	**486,2** [1]		**2,197**		**9,5**	**182,3** [1]	**257,9** [1]		**2,248**
				17	59,33[1]	68,10[1]	2,197			9,5	21,13[1]	26,30[1]	2,254	
				17,5	**365,2**	**462,5**		**2,211**		**9,5**	**141,3**	**195,4**		**2,237**
1,0	0,1	0,0	—	17,5	44,18	50,48	2,211		3,145	9,5	16,75	22,10	2,239	
				17,5	**360,1** [1]	**467,8** [1]		**2,211**		**9,5**	**136,8** [1]	**195,7** [1]		**2,237**
				17,5	43,45[1]	50,08[1]	2,211			9,5	16,88[1]	20,97[1]	2,239	
0,4	0,1	0,0	—							10	16,65	21,40	2,239	
										10	**93,3**	**151,2**		**2,220**
1,0	0,6	0,2	0,0						3,157	10	13,75	19,55	2,225	
										8,5[2]	**123,5**	**172,7**		**2,248**
1,0	0,4	0,0	—											
										9,5	**160,5**	**218,1**		**2,225**
1,0	0,4	0,0	—						3,161	9,5	20,38	24,20	2,225	
										10	**118,6**	**181,6**		**2,239**
1,0	0,5	0,2	0,0						3,130	10	15,68	20,73	2,239	
2,0	1,0	0,2	0,0	16	42,35	48,25	2,282		3,169	9	13,70	20,15	2,268	
										9,5	**166,1**	**220,4**		**2,254**
0,7	0,3	0,0	—						3,161	9,5	17,13	20,38	2,254	
										9,5	**166,1**	**238,4**		**2,225**
1,0	0,4	0,0	—						3,177	9,5	18,63	20,45	2,225	
										9,5	**226,2**	**302,5**		**2,282**
0,0	—	—								9,5	23,30	27,13	2,282	
										10	**80,7**	**113,9**		**2,225**
2,0	1,0	0,7	0,0						3,049	10	9,70	12,60	2,225	
1,0	0,7	0,5	0,0						3,056	10	16,95	22,65	2,225	

[1]) Die angegebene Zahl bedeutet das Gewicht des Cementes für ½ Liter eingerüttelt.
[2]) 8,5% Wasser sind auf besonderen Antrag des Antragstellers benutzt worden.

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.
Laufende Nr.	Cement-Marke	Gewicht des reinen Cementes eingerüttelt kg/Liter	Gewicht des reinen Cementes eingerüttelt kg/Liter	Wasser im reinen Cement für sirupartige Konsistenz %	Wasser im reinen Cement beim Abbinden auf Glas %	Abbindezeit Std.	Temperatur-Erhöhung C°	Beim Probemachen war die Temperatur der Luft C°	Beim Probemachen war die Temperatur des Anmachewassers C°	Beim Probemachen war die Feuchtigkeit der Luft %
54	Portland-Cement; Journ.-Nr. 10697 . . .	1,957	1,330	35	28,5	10 Min. 25 Min.	7,4	19	18	62
55	Portland-Cement; Ursprungsangabe nicht gestattet	1,798	1,180	39	32	4⅝ 7	6	21,5	19,5	60
56	Portland-Cement aus der Portland-Cementfabrik Kronsberg zu Misburg bei Hannover . .	1,837	1,235	35	28,2	55 Min. 2½	5,4	21	19	56
57	Cement; ohne Ursprungsangabe. Antr.: Herzogl. Bauverwaltung zu Bernburg	1,909	1,237	34,5	27	5 Min. 15 Min.	10,8	22	19,8	62
58	Cement aus der Cementfabrik Hemmoor vormals J. H. Hagenah in Hemmoor. Antr.: Kaiserl. Fortifikation zu Wilhelmshaven .	1,864	1,206	36,5	30,0	1⅝ 4	7,0	21,5	19,0	64
59	Portland-Cement aus der Preußischen Portland-Cementfabrik zu Neustadt i. W.-Pr. Antr.: F. Esselbrügge zu Graudenz	1,859	1,285	37,5	29,0	5 7	3,2	21,5	19,8	64
60	Cement; Journ.-Nr. 10745	1,964	1,230	33	27	2 6	3,6	23	21,6	60
61	Langsam bindender Portland-Cement; Ursprungsangabe nicht gestattet	1,864	1,242	35,5	29,4	2 5	4,4	24	19	60
62	Portland-Cement der Portland-Cementfabrik von C. H. Böcking & Dietzsch zu Malstadt bei Saarbrücken	1,893	1,272	36	28,2	1½ 3	3,0	23	20,6	65
63	Portland-Cement aus der Preußischen Portland-Cementfabrik in Neustadt i. W.-Pr. Antr.: Kgl. Fortifikation zu Graudenz	1,943	1,346	36	28,6	4⅓ 6⅓	4,2	23	21	52
64	Cement; Journ.-Nr. 10760	1,895	1,250	37	31	5 Min. 12 Min.	8	19,5	19,4	55
65	Cement; Journ.-Nr. 10761	1,854	1,242	39	32	3 Min. 8 Min.	9	20	19,4	55
66	Cement; Journ.-Nr. 10762	1,908	1,372	35	28,6	3 Min. 7 Min.	8	20	19,4	56
67	Portland-Cement; Journ.-Nr. 10807 . . .	1,922	1,280	33	26	1 4	3,6	19	18	74
68	Portland-Cement; Ursprungsang. nicht gestattet. Antr.: Kgl. Fortifikation zu Graudenz . .	1,935	1,365	34	27,5	4 8	2,6	19	18	66

[1]) Zugfestigkeit für Probekörper, welche 1 Tag alt und nur an der Luft erhärteten.
[2]) Zugfestigkeit für Probekörper, welche den ersten Tag an der Luft, dann unter Wasser erhärteten.
[3]) Zug- resp. Druckfestigkeit für Probekörper, welche den ersten Tag an der Luft, dann unter Wasser erhärteten.
[4]) Zugfestigkeit für Probekörper, welche nur an der Luft erhärteten.
[5]) Zug- resp. Druckfestigkeit für Probekörper, welche den ersten Tag an der Luft, dann unter Wasser erhärteten.

12.			13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.
ahlung. ände bei			Reiner Cement					Spec.	100 Gewichtstheile Cement und 300 Gewichtstheile Normalsand				
600	324	180	Wasser in den	Zugfestigkeit kg/qcm		Dichte der Proben			Wasser in den 1 + 3	Zugfestigkeit kg/qcm		Dichte der Proben	
auf den qcm			Cement-			Zug	Druck	Ge-	Mörtel-			Zug	Druck
			proben			$\frac{G_z}{V}=\gamma$	$\frac{G_d}{V_1}=\gamma_1$	wicht	proben			$\frac{G_z}{V}=\gamma$	$\frac{G_d}{V_1}=\gamma_1$
%	%	%	%	7 Tage	28 Tage				%	7 Tage	28 Tage		
1,0	0,5	0,0						3,145	10	4,88[1]	7,75[2]	2,254	
									10	**77,7** [3]			**2,254**
									10	11,85[3]		2,254	
			18	36,40[4]	38,60[4]	2,169			10	14,13[4]	14,20[4]	2,254	
									10	**134,0** [5]	**190,9** [5]		**2,254**
			18	41,13[5]	49,65[5]	2,169			10	14,15[5]	18,15[5]	2,254	
			18		46,55[6]	2,169							
									10		**256,4** [7]		**2,254**
			18		52,68[7]	2,169			10		21,95[7]	2,254	
			19,5	**381,8**	**467,4**		**2,135**		**10**	**207,7**	**267,2**		**2,254**
0,3	0,0	—	19,5	51,40	56,09	2,141		3,149	10	24,00	27,00	2,254	
			19,5		**518,4** [8]		**2,135**		**10**		**309,5** [8]		**2,254**
			19,5		58,50[8]	2,141			10		32,08[8]	2,254	
0,0	—	—							10	16,90	21,10	2,268	
									9,5	**150,8**	**211,8**		**2,234**
0,3	0,0	—						3,149	9,5	18,10	22,40	2,239	
			18,75	**302,2**	**358,3**		**2,152**		**10**	**134,9**	**198,4**		**2,254**
0,1	0,0	—	18,75	38,93	46,13	2,155		3,157	10	16,60	22,25	2,254	
									10	**133,2**	**176,2**		**2,248**
0,0	—	—						3,121	10	16,88	24,10	2,254	
									9	**180,9**	**253,4**		**2,248**
0,3	0,0	—						3,161	9	20,15	25,93	2,254	
									9	**159,7** [9]	**232,3** [9]		**2,248**
									9	14,08[9]	23,33[9]	2,254	
—	—	—						3,145	8	11,43[9]	18,80	2,282	
									8		33,38[10]	2,282	
									9,5	**80,7**	**113,4**		**2,239**
0,0	—	—							9,5	10,33	14,18	2,239	
									10	**109,6**	**163,1**		**2,197**
0,3	0,0	—						3,125					
0,6	0,0	—							10	13,93	18,73	2,254	
1,0	0,1	0,0							10	11,40	16,93	2,239	
0,7	0,1	0,0							10	12,13	17,73	2,239	
2,0	0,8	0,0						3,129	9		19,75	2,254	
									9,5	**106,2**	**149,5**		**2,223**
0,3	0,2	0,0						3,157	9,5	14,50	21,28	2,225	

[1] Zugfestigkeit für 90 Tage alte Probekörper, welche nur an der Luft erhärteten.
[2] Zug- resp. Druckfestigkeit für 90 Tage alte Probekörper, welche den ersten Tag an der Luft, dann unter Wasser erhärteten.
[3] Ergebnisse für Probekörper, welche nur an der Luft erhärteten.
[4] Ergebnisse für drei Tage alte Probekörper.
[5] Ergebnisse für Probekörper, welche den ersten Tag an der Luft, 13 Tage unter Wasser und 14 Tage an der Luft erhärteten.

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	1
Laufende Nr.	Cement-Marke	Gewicht des reinen Cementes		Wasser im reinen Cement		Abbindezeit	Temperatur-Erhöhung	Beim Probemac war die		
		eingerüttelt	eingelaufen	für syrupartige Konsistenz	beim Abbinden auf Glas			Temperatur der Luft	Temperatur des Anmachewassers	Fe tig d.
		kg/Liter		%	%	Std.	C°	C°	C°	
69	Portland-Cement der Portland-Cementfabrik Gößnitz zu Gößnitz i. S.	1,954	1,305	36	28,5	50 Min. 1 1/3	6,4	19,5	18,4	7
70	Cement; Journ.-Nr. 10848	1,782	1,192	37	29,5	3 8	2,6	18,8	18,4	6
71	Cement; Journ.-Nr. 10849	1,776	1,172	37	30	2 1/3 7	2	19	18	6
72	Cement; Ursprungsangabe nicht gestattet. Antr.: Kgl. Fortifikation zu Thorn	1,887	1,292	35,5	28	2 2/3 6	1,2	18,5	18	7
73	Cement; Journ.-Nr. 10853	1,704	1,120	38,5	30	10 Min. 20 Min.	10,7	19	17,5	6
74	Cement; ohne Ursprungsangabe. Antr.: Herzogl. Bauverwaltung zu Bernburg	1,506	0,999	45	36	4 7 1/2	2,6	20	19,2	6
75	Portland-Cement; Journ.-Nr. 10855 . . .	1,894	1,282	35	28,5	5 8 2/3	5	15,2	15,2	6
76	Cement, von der Firma F. H. Schmidt in Altona geliefert. Antr.: Auswärtiges Amt, Kolonial-Abtheilung in Berlin	1,907	1,237	35	28,5	5 1/2 8 1/2	3,9	18	16,5	5
77	Cement; Journ.-Nr. 10897	1,855	1,302	36	28,5	7 1/2 10	1,0	17,8	17,6	5
78	Cement; Journ.-Nr. 10898	1,800	1,188	38	30	1 3/4 7	3	16	17	5
79	Cement; Journ.-Nr. 10899	1,964	1,385	33,5	27	6 1/6 9	2,8	18	17,8	6
80	Portland-Cement der Cementfabrik Albrecht Stein & Comp. zu Wetzlar-Bahnhof . .	1,651	1,032	36,5	29	40 Min. 2	6,2	18	18	5
81	Cement; Journ.-Nr. 10913	1,845	1,185	33,5	26,8	5 8	2	18	19,8	6
82	Cement der Portl.-Cementfabr. Karlsstadt a. M. vormals Ludwig Roth. Antr.: Ingenieur G. Panse zu Wetzlar	1,816	1,197	36	29,4	4 1/3 7	2,6	19	17	5
83	Portland-Cement der Cementfabrik Albrecht Stein & Comp., Wetzlar. Antr.: Ingenieur G. Panse zu Wetzlar	1,642	1,043	37,5	29,4	1 2 1/2	2,0	19	17	5
84	Cementkalk d. Gewerkschaft Jos. Raab sen., Wetzlar. Antr.: Ingenieur G. Panse zu Wetzlar	1,287	0,814	—	—	—	—	19	18	3
85	Cement der Lothringer Portland-Cementwerke Diesdorf zu Diesdorf (Lothringen) . . .	1,934	1,356	33	27	7 10	2,0	20	18	

[1]) Zugfestigkeit für Probekörper, welche 1 Tag alt waren und nur an der Luft erhärteten.
[2]) Zugfestigkeit für Probekörper, welche 2 Tage alt waren und den ersten Tag an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser erhärt
[3]) Zug- und Druckfestigkeit für Probekörper, welche 3 Tage alt waren und den ersten Tag an der Luft, die übrige Ze unter Wasser erhärteten.
[4]) Zug- und Druckfestigkeit für Probekörper, welche 3 Monate alt waren und den ersten Tag an der Luft, die übrige Ze unter Wasser erhärteten.

12.			13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.
hlung. inde bei			Reiner Cement					Spec.	100 Gewichtstheile Cement und 300 Gewichtstheile Normalsand				
500	324	180	Wasser in den Cement-proben	Zugfestigkeit kg/qcm		Dichte der Proben		Ge-wicht	Wasser in den 1 + 3 Mörtel-proben	Zugfestigkeit kg/qcm		Dichte der Proben	
auf den qcm						Zug $\frac{G_z}{V} = \gamma$	Druck $\frac{G_d}{V_1} = \gamma_1$					Zug $\frac{G_z}{V} = \gamma$	Druck $\frac{G_d}{V_1} = \gamma_1$
%	%	%	%	7 Tage	28 Tage				%	7 Tage	28 Tage		
									10	**132,1**	**178,4**		**2,254**
0,2	0,0	—						3,137	10	17,23	23,35	2,254	
									9	**132,0**	**186,1**		**2,234**
0,2	0,0	—						3,125	9	15,60	21,85	2,239	
									9,5	**112,2**	**175,8**		**2,239**
0,0	—	—						3,136	9,5	14,45	20,28	2,239	
									9	**90,9**	**141,7**		**2,239**
0,0	—	—						3,164	9	14,00	21,70	2,239	
									10	**155,0**	**199,7**		**2,234**
1,0	0,7	0,2						3,125	10	18,38	25,18	2,239	
									10	**216,2**	**289,4**		**2,265**
—	—	—						3,086	10	24,38	30,85	2,268	
0,5	0,0	—						3,165	10	7,85[1]	11,05[2]	2,268	
									10	**84,9** [3]			**2,262**
									10	14,15[3]		2,268	
									10	**127,4**	**188,4**		**2,262**
									10	18,05	21,83	2,268	
									10	**272,8** [4]	**323,2** [5]		**2,262**
									10	29,88[4]	32,50[5]	2,268	
									9,5		**225,3**		**2,239**
0,1	0,0	—						3,157	9,5		21,78	2,239	
									10	**100,2**	**138,2**		**2,225**
0,4	0,0	—						3,125	10	15,48	20,53	2,225	
									10	**173,7**	**248,6**		**2,239**
0,0	—	—						3,145	10	20,43	27,23	2,239	
									10	**100,9**	**140,4**		**2,220**
0,3	0,0	—						3,133	10	16,40	20,95	2,225	
									10	**176,1**	**275,6**		**2,282**
—	—	—						3,012	10	21,70	26,43	2,282	
1,0	0,3	0,0							8 [3]	15,93	22,03	2,239	
									10	**135,0**	**201,1**		**2,262**
—	—	—						3,145	10	18,20	23,40	2,268	
									10	**104,5**	**185,5**		**2,268**
0,0	—	—						2,796	10	14,05	23,95	2,268	
									10	**46,0**	**96,4**		**2,220**
0,3	0,0	—						2,928	10	9,50	18,33	2,258	
			17	**415,0**			**2,206**		**9,5**	**150,0**			**2,248**
—	—	—	17	36,78		2,211		3,185	9,5	14,30		2,254	
			17	**563,7** [1]	**601,2**		**2,206**		**9,5**	**169,3** [1]	**218,3**		**2,248**
			17	59,13[1]	64,40	2,211			9,5	19,60[1]	21,90	2,254	
			17	**664,4** [2]			**2,206**		**9,5**	**263,9** [2]			**2,248**
			17	67,78[2]		2,211			9,5	27,98[2]		2,254	

[1]) Zug- und Druckfestigkeit für Probekörper, welche 6 Monate alt waren und den ersten Tag an der Luft, die übrige Zeit im Wasser erhärteten.
[2]) 8 % Wasser sind auf besonderen Antrag des Antragstellers benutzt worden.
[3]) Ergebnisse für 14 Tage alte Probekörper.
[4]) " " 100 " " "

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.
Laufende Nr.	Cement-Marke	Gewicht des reinen Cementes eingerüttelt kg/Liter	Gewicht des reinen Cementes eingelaufen kg/Liter	Wasser im reinen Cement für syrupartige Konsistenz %	Wasser im reinen Cement beim Anbinden auf Glas %	Abbindezeit Std.	Temperatur-Erhöhung C°	Beim Probemachen war die Temperatur der Luft C°	Beim Probemachen war die Temperatur des Anmachewassers C°	Beim Probemachen war die Feuchtigkeit der Luft %
86	Cement; Ursprungsangabe nicht gestattet . .	1,830	1,225	38	30	6 9	2	19	17,6	50
87	Portland-Cement; Ursprungsangabe nicht gestattet	1,755	1,140	39	34,5	1 5	3,5	18,6	16,6	50
88	Cement, von der Firma F. H. Schmidt in Altona geliefert. Antr.: Auswärtiges Amt, Kolonial-Abtheilung zu Berlin	1,964	1,265	35	28	40 Min. 2 1/6	3,6	17,5	17,0	52
89	Cement; Journ.-Nr. 11040	2,038	1,430	34	27	5 2/3 8	2	17,8	16,8	50
90	Portland-Cement der Breitenburger Portland-Cementfabrik. Antr.: Kaiserl. Fortifikation zu Cuxhaven	1,706	1,128	37	30	4 7 5/6	2,8	19	18	52
91	Cement; Journ.-Nr. 11042	1,771	1,186	37,5	29	3 1/2 8 2/3	2,5	19	18	52
92	Cementprobe Nr. I; ohne Angabe über den Ursprung. Antr.: Brückenbaubureau zu Dresden	1,865	1,270	36	29	6 9 1/6	1,8	19	17	50
93	Cementprobe Nr. II; desgl.	1,878	1,283	33,5	27,5	6 8 2/3	3,6	18	16,8	50
94	Cementprobe Nr. III; desgl.	1,953	1,347	33	27,3	5 1/3 8 2/3	1,6	18	16,6	50
95	Cementprobe Nr. IV; desgl.	1,997	1,392	33	27	2 5/6 5	1,4	18,5	17,0	50
96	Portland-Cement; Ursprungsangabe nicht gestattet	1,752	1,132	39	31	6 Min. 10 Min.	10,6	18	17,6	50
97	Portland-Cement der Hannoverschen Portland-Cementfabrik Aktiengesellschaft zu Misburg	1,916	1,340	33	27,2	7 10	1,2	18	17	50
98	Portland-Cement der Alsenschen Portl.-Cementfabriken zu Hamburg, Marke Ed. Fewer .	2,000	1,320	33	27,4	5 2/3 8	4,6	18	17	55
99	Portland-Cement der Portland-Cementfabrik Gößnitz Gößnitz S.-A.	1,907	1,295	36	28	3 1/6 5 1/6	4,2	17,5	17,2	55
100[2]	Portland-Cement; Ursprungsangabe nicht gestattet	1,885	1,320	34	28	10 Min. 20 Min.	7,8	15,2	15,2	50
101	Stettiner Portland-Cement (Lossius & Delbrück). Antr.: Cementwaarenfabr. Cossebaude Windschild & Langelott zu Cossebaude bei Dresden	1,847	1,232	36	29	4 1/6 7	2,0	18,0	18,0	53
102	Cement aus den Oppelner Portland-Cementfabriken vorm. F. W. Grundmann; desgl. .	1,953	1,320	33	26,5	7 9 1/2	3,6	17,0	16,0	50
103	Portland-Cement von C. H. Böcking & Dietzsch, Portland-Cementfabrik zu Malstatt bei Saarbrücken	1,873	1,225	34	28	1 1/2 4 1/2	2,5	18,0	18,0	50
104	Puzzolan-Cement; Ursprungsangabe nicht gestattet	1,171	0,788	72	57	4 8	0,0	18,0	17,5	54
105	Portland-Cement der Vorwohler Portland-Cementfabrik Planck & Co. zu Holzminden .	1,935	1,320	34,5	27,8	2/3 1 1/2	4,1	18,0	18,0	59

[1]) Ergebnisse für 100 Tage alte Probekörper.

[2]) Ergebnisse für 28 Tage alte Probekörper, hergestellt aus 1 Gew.-Thl. Cement + 3 1/2 Gew.-Thl. Kiessand + 3 1/2 Gew.-Thl. Feinschlag, welche den ersten Tag an der Luft und 27 Tage unter Wasser erhärteten. Der Kiessand hatte 22,3 %, der Feinschlag 48,0 % Hohlräume.

12.				13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.
Mahlung. ückstände bei				Reiner Cement					Spec.	100 Gewichtstheile Cement und 300 Gewichtstheile Normalsand				
900	600	324	180	Wasser in den Cement-proben	Zugfestigkeit kg/qcm		Dichte der Proben		Ge-wicht	Wasser in den 1 + 3 Mörtel-proben	Zugfestigkeit kg/qcm		Dichte der Proben	
ben auf den qcm							Zug $\frac{G_z}{V}=\gamma$	Druck $\frac{G_d}{V_1}=\gamma_1$					Zug $\frac{G_z}{V}=\gamma$	Druck $\frac{G_d}{V_1}=\gamma_1$
%	%	%	%	%	7 Tage	28 Tage				%	7 Tage	28 Tage		
										10	**88,6**	**146,8**		**2,254**
0,0	—	—	—						3,125	10	9,35	14,88	2,254	
2,0	0,4	0,0	—	20,5	29,48	39,38	2,141		3,125	10	13,83	19,40	2,254	
1,0	0,5	0,0	—							10		22,30	2,225	
										10	**131,3**	**186,5**		**2,254**
0,4	0,2	0,0	—							10	18,95	23,68	2,254	
0,5	0,2	0,0	—						3,145	10	21,75	27,23	2,268	
2,0	0,4	0,0	—											
										10		**135,6**		**2,248**
0,1	0,0	—	—							10		21,23	2,254	
										9,5		**172,4**		**2,248**
0,3	0,0	—	—						3,153	9,5		21,73	2,254	
										9,5		**199,1**		**2,234**
0,3	0,0	—	—						3,157	9,5		23,45	2,239	
										9,5		**182,3**		**2,248**
1,0	0,3	0,0	—						3,164	9,5		20,50	2,254	
4,0	2,0	0,2	0,0	20,5	34,95		2,113		3,125	10	16,03		2,239	
										10	**110,4**	**161,8**		**2,239**
4,0	2,0	1,0	0,1							10	13,83	19,73	2,239	
										10		**237,6** [1]		**2,239**
										10		25,13 [1]	2,239	
1,0	0,0	—	—	17	61,05	61,95	2,225			10	20,85	24,90	2,268	
2,0	1,0	0,0	—						3,165	10	20,73	24,18	2,254	
3,0	4,0	2,0	1,0											
										6	**240,9** [2]	**303,3** [2]		**2,490**
0,3	0,0	—	—											
										6	**327,8** [2]	**407,7** [2]		**2,479**
1,0	0,4	0,0	—											
										9,5	**140,6**	**205,1**		**2,237**
1,0	0,3	0,0	—							9,5	18,20	24,50	2,239	
0,0	—	—	—						2,668	11	10,60	15,73	2,183	
										10	**129,2**	**174,8**		**2,245**
1,0	0,3	0,0	—						3,165	10	16,43	20,38	2,254	

[1]) Volumbeständigkeit bei Nr. 100 nicht vorhanden.

[2]) Ergebnisse für 56 Tage alte Probekörper, hergestellt aus 1 Gew.-Thl. Cement + 3½ Gew.-Thl. Kiessand + 3½ Gew.-Thl. nschlag, welche den ersten Tag an der Luft, 6 Tage unter Wasser, 21 Tage an der Luft und 28 Tage unter Wasser erhärteten. : Kiessand hatte 22,3 %, der Feinschlag 48,0 % Hohlräume.

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.
Laufende Nr.	Cement-Marke	Gewicht des reinen Cementes		Wasser im reinen Cement		Abbindezeit	Temperatur-Erhöhung	Beim Probemachen war die		
		eingerüttelt	eingerüttelt	für sirupartige Konsistenz	beim Abbinden auf Glas			Temperatur der Luft	Temperatur des Anmachewassers	Feuchtigkeit der Luft
		kg/Liter		%	%	Std.	C°	C°	C°	%
106	Portland-Cement; Ursprungsangabe nicht gestattet	1,964	1,325	38	30	7 5/6 10	4	18,5	18,0	54
107	Portland-Cement aus der Fabrik Karlstadt a. M. Antr.: Kgl. Baurath Volkmann zu Cassel	1,865	1,287	35	28,7	50 Min. 2 2/3	2,6	18,0	17,6	56
108	Portland-Cement; Ursprungsangabe nicht gestattet	1,994	1,400	30	24,5	1/2 2 1/2	7,2	19,0	18,0	59
109	Cementprobe Nr. I; ohne Ursprungsangabe. Antr.: Brückenbaubureau zu Dresden	1,961	1,250	34	28	4 5/6 8	1,6	18,5	17,6	58
110	Cementprobe Nr. III; desgl.	1,991	1,370	32,5	27	20 Min. 2 1/3	5,8	18,5	17,6	58
111	Cementprobe Nr. IV; desgl.	1,997	1,387	33	27	15 Min. 50 Min.	3,0	18,5	17,6	58
112	Portland-Cement; Journ.-Nr. 11270	1,780	1,126	40	31	3 6	3,6	18,5	17,6	54
113	Portland-Cement; Ursprungsangabe nicht gestattet	1,817	1,228	33	26	1 1/2 4	2,6	18,5	17,4	50
114	Portland-Cement; Journ.-Nr. 11328	1,984	1,306	32	27	5 Min. 20 Min.	7,2	18,5	18,0	50
115	Cement; ohne Ursprungsangabe. Antr.: Provinzialverband von Westfalen	1,780	1,256	37	30	4 7	1,8	18,5	17,8	52
116	Cement aus der Cementfabr. Pahlhude a. d. Eider. Antr.: Kaiserl. Fortifikation zu Wilhelmshaven	1,852	1,276	33	27	4 Min. 12 Min.	8,5	18,5	18,0	53

[1]) Zug- resp. Druckfestigkeit für 3 Tage alte Probekörper.
[2]) " " " 90 " "
[3]) Der Cement wurde dem Antrage zufolge mit 8 % Wasser angemacht.

12.				13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.
Mahlung. Rückstände bei				Reiner Cement					Spec.	100 Gewichtstheile Cement und 300 Gewichtstheile Normalsand				
900	600	324	180	Wasser in den Cement-proben	Zugfestigkeit kg/qcm		Dichte der Proben		Ge-wicht	Wasser in den 1 + 3 Mörtel-proben	Zugfestigkeit kg/qcm		Dichte der Proben	
chen auf den qcm							Zug $\frac{G_z}{V} = \gamma$	Druck $\frac{G_d}{V_1} = \gamma_1$					Zug $\frac{G_z}{V} = \gamma$	Druck $\frac{G_d}{V_1} = \gamma_1$
%	%	%	%	%	7 Tage	28 Tage				%	7 Tage	28 Tage		
2,0	1,0	0,2	0,0							10	16,55	22,05	2,268	
										10	**112,8**	**176,6**		**2,248**
0,0	—	—	—						3,125					
										10	**72,9** [1]			**2,239**
2,0	1,0	0,0	—	16	40,50[1]		2,197		3,164	10	11,08[1]		2,239	
										10	**129,3**	**192,6**		**2,239**
				16	45,08	53,65	2,197			10	17,88	22,03	2,239	
										10	**254,8** [2]			**2,239**
				16	60,10[2]		2,197			10	27,50[2]		2,239	
										9,5		**166,9**		**2,225**
0,2	0,0	—	—						3,106	9,5		22,35	2,225	
										9,5		**228,4**		**2,225**
0,4	0,0	—	—						3,162	9,5		23,25	2,225	
										9,5		**170,1**		**2,225**
0,5	0,0	—	—						3,185	9,5		19,00	2,225	
										10	**246,9**	**322,0**		**2,282**
0,2	0,0	—	—							10	27,55	29,60	2,282	
										8 [3]		**217,5**		**2,197**
2,0	0,8	0,0	—							8 [3]		24,55	2,197	
										10	**91,6**	**133,6**		**2,248**
0,3	0,0	—	—						3,165	10	11,85	16,45	2,254	
										10		**179,3** [4]		**2,256**
0,3	0,0	—	—							—				
										11		**209,0** [5]		**2,279**
										—				
				18	**362,6**	**438,1**		**2,192**		**10**	**148,3**	**216,9**		**2,234**
0,3	0,0	—	—	18	43,55	48,50	2,197		3,125	10	16,05	21,25	2,239	

[1]) Ergebniß für Probekörper, welche aus 1 Vol.-Thl. Cement + 3 Vol.-Thl. Grubensand hergestellt sind und nur an der Luft erhärteten. Der Grubensand hatte 29,0 % Hohlräume.

[2]) Ergebniß für Probekörper, welche aus 1 Vol.-Thl. Cement + 3 Vol.-Thl. künstlichen Sand hergestellt sind und nur an der Luft erhärteten. Der künstliche Sand hatte 21,5 % Hohlräume.

3. Ergebnisse der Untersuchungen der zum Bau der Wasserwerke in Remscheid und zur Anlage der Thalsperre an der Wupper in Lennep verwendeten Materialien.

Vom Vorsteher Professor Dr. Böhme.

Im Herbste des Jahres 1888 wurde auf Veranlassung des Herrn Professor O. Intze zu Aachen eine Reihe von Untersuchungen eingeleitet, welche sich auf Materialien erstreckten, die zum Bau der Wasserwerke der Stadt Remscheid bezw. zur Anlage der Thalsperre an der Wupper in Lennep Verwendung finden sollten.

Der „Erläuterungsbericht zum Projekt der Erweiterung des Wasserwerks der Stadt Remscheid" von Herrn Prof. Intze giebt ein deutliches und interessantes Bild über die an den verschiedenen Punkten der genannten Anlage erkennbare Art der Benutzung und Beanspruchung der untersuchten Baumaterialien.

Dem Zwecke entsprechend, dem die einzelnen Materialien dienen sollten, wurde deren Prüfung in dem aus nachstehenden Angaben ersichtlichen Umfange angeordnet.

Da eine möglichst wohlfeile Ausführung des Projektes nicht zum wenigsten von der Frage abhing, ob die Gesteinsarten der dortigen Gegend sich zur Verarbeitung und Benutzung bei dem in Rede stehenden Bau eignen würden, wurden mit diesen Gesteinsarten die erforderlichen Versuche angestellt.

Zur Untersuchung gelangten daher:

1. Lenneschiefer aus Remscheid,
2. Lenneschiefer aus Walkmühle-Wermelskirchen,
3. Lenneschiefer aus dem Beverthale,
4. Lenneschiefer aus dem Uelfethale,
5. Grauwacke aus Beienburg.
6. Lenneschiefer aus dem Brucher Thale.

Die erforderlichen Probekörper wurden in sachgemäßer Bearbeitung an die Prüfungsstation eingereicht und daselbst auf der Diamanthobelmaschine justirt.

Die Prüfungsergebnisse, deren Veröffentlichung durch den Antragsteller bereitwilligst gestattet wurde, sind in den nachstehenden Tabellen zusammengestellt.

Für die Festigkeitsversuche wurden Würfel von 5 cm Seitenlänge und für die Abnutzungsversuche solche von 7,1 cm Seitenlänge benutzt.

(Siehe die Tabellen auf S. 229 bis 234.)

Eine weitere Reihe von Untersuchungen erstreckte sich auf die bei den Bau-Arbeiten für die Anlage der Thalsperre zur Verwendung gelangten Mörtelmaterialien hinsichtlich deren allgemeinen und Festigkeitseigenschaften, sowie insbesondere auf die Ermittelung der Wasserdichtigkeit der Mörtelmischungen.

Zur Vornahme dieser Wasserdurchlässigkeitsproben wurde ein eigens hierzu konstruirter Apparat benutzt, dessen Einrichtung und Wirkung nachstehend beschrieben ist.

Der Apparat zur Prüfung der Wasserdurchlässigkeit besteht aus einem Druckregulator, dem Druckwasservertheiler mit Manometer und den Einspannvorrichtungen.

Die Wirkung des Regulators, Taf. 3, Fig. 1—3, beruht darauf, daß die Wasserfüllung
l Cylinders A, welche durch den Stutzen M und den Wasservertheiler zu den Proben gelangt,

(Fortsetzung S. 235.)

Lenneschiefer aus Remscheid-Pumpstation.

Druckfestigkeit:

Gedrückte Fläche = 25 qcm.

lufttrocken in der Spaltrichtung (∥)		lufttrocken in der Lagerrichtung (⊥)		wassersatt		ausgefroren an der Luft		ausgefroren unter Wasser	
Nr.	Zerstörung bei kg/qcm	Nr.	Zerstörung bei kg/qcm	Nr.	Zerstörung bei kg/qcm	Nr.	Zerstörung bei kg/qcm	Nr.	Zerstörung bei kg/qcm
1	892,0	11	1315,7	21	1494,1	31	914,3		
2	847,4	12	1226,5	22	1449,5	32	1181,9		
3	863,7	13	1404,9	23	1516,4	33	1048,1		
4	1070,4	14	1561,0	24	1583,3	34	1092,7		
5	758,2	15	1605,6	25	1697,9	35	1271,1		
6	892,0	16	1516,4	26	1293,4			46	1516,4
7	758,2	17	1449,5	27	1226,5			47	1315,7
8	880,8	18	1538,7	28	1538,7			48	1360,3
9	1025,8	19	1516,4	29	1248,8			49	1583,3
10	892,0	20	1895,5	30	1271,1			50	1293,4
Sa.	8886,5	Sa.	15030,2	Sa.	14319,7	Sa.	5508,1	Sa.	7069,1
Mittel	889	Mittel	1503	Mittel	1432	Mittel	1102	Mittel	1414
Eigenes Gewicht	0,334 kg	Eigenes Gewicht	0,336 kg	Eigenes Gewicht	0,334 kg	Eigenes Gewicht	0,338 kg	Eigenes Gewicht	0,344 kg

Im Mittel aus 10 Versuchen betrug in Kilogrammen ausgedrückt:

das Gewicht der Probestücke:					die Wasseraufnahme:			
beim Eintreffen	25 Stunden auf heißen Eisenplatten getrocknet	12 Stunden im Wasser gelegen	100 Stunden im Wasser gelegen	125 Stunden im Wasser gelegen	pro Versuchsstück nach 125 Stunden	pro 1 kg Steingewicht nach 125 Stunden	in % des Gewichts nach 12 Std.	in % des Gewichts nach 125 Std.
0,333	0,332	0,334	0,334	0,334	0,002	0,0058	0,48	0,58

Das specifische Gewicht des Materials ergab sich im Mittel aus drei Versuchen auf 2,677.

Die Versuche auf **Abnutzbarkeit** ergaben für 30 kg Belastung des Probestückes von 50 qcm Schleiffläche, 450 Umgänge der Schleifscheibe (unter Anwendung von 20 g Naxos-Schmirgel Nr. 3 auf je 22 Scheibenumgänge) für den Schleifradius von 22 cm und bei dem Eigengewicht der beiden Probestücke von I: 947,9 g, II: 958,3 g mit dem specifischen Gewicht 2,677

Die Abnutzung für Versuch I: $19{,}9 + 16{,}1 + 16{,}7 + 16{,}4 = 69{,}1\text{ g} = \frac{69{,}1}{2{,}677}\text{ ccm} = 25{,}8\text{ ccm}$

„ „ „ „ II: $15{,}9 + 13{,}9 + 14{,}6 + 14{,}4 = 58{,}8\text{ g} = \frac{58{,}8}{2{,}677}\text{ ccm} = 22{,}0\text{ ccm}.$

Lenneschiefer, Walkmühle-Wermelskirchen.

Druckfestigkeit:

Gedrückte Fläche = 25 qcm.

lufttrocken in der Spaltrichtung (∥)		lufttrocken in der Lagerrichtung (⊥)		wassersatt		ausgefroren an der Luft		ausgefroren unter Wasser	
Nr.	Zerstörung bei kg/qcm	Nr.	Zerstörung bei kg/qcm	Nr.	Zerstörung bei kg/qcm	Nr.	Zerstörung bei kg/qcm	Nr.	Zerstörung bei kg/qcm
1	669,0	11	1115,0	21	1315,7	31	1293,4		
2	825,1	12	1404,9	22	1115,0	32	1538,7 [1]		
3	847,4	13	1115,0	23	1003,5	33	958,9		
4	758,2	14	1159,6	24	1092,7	34	1181,9		
5	713,6	15	1226,5	25	1248,8	35	1003,5		
6	802,8	16	1181,9	26	1226,5			36	1248,8
7	892,0	17	1137,3	27	1115,0			37	1115,0
8	735,9	18	1226,5	28	1159,6			38	1137,3
9	892,0	19	2007,0 [1]	29	1025,8			39	958,9
10	981,2	20	1204,2	30	1159,6			40	1784,0 [1]
Sa.	8117,2	Sa.	10770,9	Sa.	11462,2	Sa.	4437,4	Sa.	4460,0
Mittel	812	Mittel	1197	Mittel	1146	Mittel	1109	Mittel	1115
Eigenes Gewicht	0,325 kg	Eigenes Gewicht	0,324 kg	Eigenes Gewicht	0,327 kg	Eigenes Gewicht	0,332 kg	Eigenes Gewicht	0,336 kg

Im Mittel aus 10 Versuchen betrug in Kilogrammen ausgedrückt:

das Gewicht der Probestücke:					die Wasseraufnahme:			
beim Eintreffen	25 Stunden auf heißen Eisenplatten getrocknet	12 Stunden im Wasser gelegen	100 Stunden im Wasser gelegen	125 Stunden im Wasser gelegen	pro Versuchsstück nach 125 Stunden	pro 1 kg Steingewicht nach 125 Stunden	in % des Gewichts nach 12 Std.	in % des Gewichts nach 125 Std.
0,325	0,324	0,325	0,327	0,327	0,003	0,0096	0,31	0,96

Das specifische Gewicht des Materials ergab sich im Mittel aus drei Versuchen auf 2,634.

Die Versuche auf Abnutzbarkeit ergaben für 30 kg Belastung des Probestücks, 50 qcm Schleiffläche, 450 Umgänge der Schleifscheibe (unter Anwendung von Schmirgel Nr. 3 auf je 22 Scheibenumgänge) für den Schleifradius [illegible] dem Eigengewicht der beiden Probestücke von I: 892,2 g, II: 950,0 [illegible] Gewicht 2,634

Die Abnutzung für Versuch I: 44,9 + 50,1 + 42,7 + 32,5 = 170,2 g = [illegible]

" " " " II: 41,0 + 29,5 + 24,3 + 35,6 = 130,4 g [illegible]

[1]) Die Proben Nr. 19, 32 und 40 wurden bei der Berechnung des Mittelwerthes [illegible]

Grauwacke aus dem Beverthale.

Druckfestigkeit:

Gedrückte Fläche = 25 qcm.

lufttrocken in der Spaltrichtung ∥		lufttrocken in der Lagerrichtung ⊥		wassersatt		ausgefroren an der Luft		ausgefroren unter Wasser	
Nr.	Zerstörung bei kg/qcm	Nr.	Zerstörung bei kg qcm	Nr.	Zerstörung bei kg qcm	Nr.	Zerstörung bei kg qcm	Nr.	Zerstörung bei kg qcm
1	1516,4	11	2252,3	21	2341,5	31	1962,4		
2	1739,4	12	2319,2	22	2118,5	32	1940,1		
3	1538,7	13	2542,2	23	2007,0	33	2096,2		
4	1650,2	14	2308,0	24	2029,3	34	1873,2		
5	1538,7	15	2207,7	25	2007,0	35	2007,0		
6	1694,8	16	2319,2	26	2096,2			36	1984,7
7	1650,2	17	2319,2	27	2207,7			37	2118,5
8	1627,9	18	2252,3	28	2185,4			38	2051,6
9	1717,1	19	2341,5	29	2140,8			39	2252,3
10	1672,5	20	2274,6	30	2230,0			40	1895,5
Sa.	16345,9	Sa.	23136,9	Sa.	21363,4	Sa.	9878,9	Sa.	10032,6
Mittel	1635	Mittel	2314	Mittel	2136	Mittel	1976	Mittel	2050
Eigenes Gewicht	0,327 kg	Eigenes Gewicht	0,328 kg	Eigenes Gewicht	0,331 kg	Eigenes Gewicht	0,328 kg	Eigenes Gewicht	0,330 kg

Im Mittel aus 10 Versuchen betrug in Kilogrammen ausgedrückt:

das Gewicht der Probestücke:					die Wasseraufnahme:			
beim Eintreffen	25 Stunden auf heißen Eisenplatten getrocknet	12 Stunden im Wasser gelegen	100	125	pro Versuchsstück nach 125 Stunden	pro 1 kg Steingewicht: nach 125 Stunden	in % des Gewichtes nach 12 Std.	nach 125 Std.
0,330	0,329	0,330	0,331	0,331	0,002	0,0049	0,30	0,49

Das specifische Gewicht des Materials ergab sich im Mittel aus drei Versuchen auf 2,676.

Die Versuche auf Abnutzbarkeit ergaben für 30 kg Belastung des Probestückes von 50 qcm Schleiffläche, 450 Umgänge der Schleifscheibe unter Anwendung von 20 g Naxos-Schmirgel Nr. 3 auf je 22 Scheibenumgänge) für den Schleifradius von 22 cm. und bei dem Eigengewicht der beiden Probestücke von I: 935,7 g, II: 920,5 g mit dem specifischen Gewicht 2,676

Die Abnutzung für Versuch I: $7{,}6 + 7{,}1 + 7{,}7 + 7{,}1 = 29{,}5\text{ g} = \frac{29{,}5}{2{,}676}\text{ ccm} = 11{,}0\text{ ccm}$

" " " " II: $7{,}0 + 7{,}0 + 7{,}0 + 7{,}0 = 28{,}0\text{ g} = \frac{28{,}0}{2{,}676}\text{ ccm} = 10{,}5\text{ ccm}$

Lenneſchiefer aus dem Uelfethale.

Druckfeſtigkeit:

Gedrückte Fläche = 25 qcm.

lufttrocken in der Spaltrichtung (∥)		lufttrocken in der Lagerrichtung (⊥)		waſſerſatt		ausgefroren an der Luft		ausgefroren unter Waſſer	
Nr.	Zerſtörung bei kg/qcm	Nr.	Zerſtörung bei kg/qcm	Nr.	Zerſtörung bei kg/qcm	Nr.	Zerſtörung bei kg/qcm	Nr.	Zerſtörung bei kg/qcm
1	1382,6	11	2029,3	21	1895,5	31	1828,6		
2	1761,7	12	2140,8	22	1672,5	32	1672,5		
3	1427,2	13	1942,4	23	1627,9	33	1806,3		
4	1538,7	14	1873,2	24	1739,4	34	1672,5		
5	1605,6	15	1984,7	25	2096,2	35	1895,5		
6	1561,0	16	1873,2	26	1761,7			36	1694,8
7	1382,6	17	1828,6	27	2073,9			37	2073,9
8	1494,1	18	2051,6	28	2163,1			38	1538,7
9	1694,8	19	2096,2	29	2118,5			39	1940,1
10	1494,1	20	1962,4	30	2140,8			40	1895,5
Sa.	15342,4	Sa.	19802,4	Sa.	19289,5	Sa.	8875,4	Sa.	9143,0
Mittel	1534	Mittel	1980	Mittel	1929	Mittel	1775	Mittel	1829
Eigenes Gewicht	0,328 kg	Eigenes Gewicht	0,325 kg	Eigenes Gewicht	0,333 kg	Eigenes Gewicht	0,330 kg	Eigenes Gewicht	0,332 kg

Im Mittel aus 10 Verſuchen betrug in Kilogrammen ausgedrückt:

das Gewicht der Probeſtücke:					die Waſſeraufnahme:			
beim Eintreffen	25 Stunden auf heißen Eiſenplatten getrocknet	12 Stunden im Waſſer gelegen	100 Stunden im Waſſer gelegen	125 Stunden im Waſſer gelegen	pro Verſuchsſtück nach 125 Stunden	pro 1 kg Steingewicht nach 125 Stunden	in % des Gewichts nach 12 Std.	in % des Gewichts nach 125 Std.
0,333	0,332	0,333	0,333	0,333	0,001	0,0030	0,30	0,30

Das ſpecifiſche Gewicht des Materials ergab ſich im Mittel aus drei Verſuchen auf 2,740.

Die Verſuche auf Abnutzbarkeit ergaben für 30 kg Belaſtung des Probeſtückes von 50 qcm Schleiffläche, 450 Umgänge der Schleifſcheibe (unter Anwendung von 20 g Naxos-Schmirgel Nr. 3 auf je 22 Scheibenumgänge) für den Schleifradius von 22 cm und bei dem Eigengewicht der beiden Probeſtücke von I: 965,0 g, II: 970,2 g mit dem ſpecifiſchen Gewicht 2,740

Die Abnutzung für Verſuch I: $11{,}8 + 12{,}0 + 11{,}0 + 11{,}0 = 45{,}8\text{ g} = \frac{45{,}8}{2{,}740}\text{ ccm} = 16{,}6\text{ ccm}$

" " " " II: $12{,}6 + 10{,}1 + 13{,}0 + 11{,}0 = 46{,}7\text{ g} = \frac{46{,}7}{2{,}740}\text{ ccm} = 17{,}0\text{ ccm}.$

Grauwacke von Beienburg.

Druckfestigkeit:

Gedrückte Fläche = 25 qcm.

lufttrocken in der Spaltrichtung (∥)		lufttrocken in der Lagerrichtung (⊥)		wassersatt		ausgefroren an der Luft		ausgefroren unter Wasser	
Nr.	Zerstörung bei kg/qcm	Nr.	Zerstörung bei kg/qcm	Nr.	Zerstörung bei kg/qcm	Nr.	Zerstörung bei kg/qcm	Nr.	Zerstörung bei kg/qcm
1	1583,3	11	2475,3	21	2341,5	31	2051,6		
2	1917,8	12	2430,7	22	2207,7	32	1917,8		
3	1471,8	13	2564,5	23	2519,9	33	2363,8		
4	1494,1	14	2519,9	24	2252,3	34	1940,1		
5	1494,1	15	2542,2	25	2519,9	35	1962,4		
6	1873,2	16	2386,1	26	2341,5			36	1962,4
7	1650,2	17	2453,0	27	2363,8			37	2029,3
8	1427,2	18	2408,4	28	2475,3			38	2140,8
9	1895,5	19	2341,5	29	2296,9			39	2096,2
10	1694,8	20	2464,1	30	2386,1			40	2096,2
Sa.	16502,0	Sa.	24585,7	Sa.	23704,9	Sa.	10235,7	Sa.	10324,9
Mittel	1650	Mittel	2459	Mittel	2370	Mittel	2047	Mittel	2065
Eigenes Gewicht	0,330 kg	Eigenes Gewicht	0,328 kg	Eigenes Gewicht	0,339 kg	Eigenes Gewicht	0,328 kg	Eigenes Gewicht	0,332 kg

Im Mittel aus 10 Versuchen betrug in Kilogrammen ausgedrückt:

das Gewicht der Probestücke:					die Wasseraufnahme:			
beim Eintreffen	25 Stunden auf heißen Eisenplatten getrocknet	12 Stunden im Wasser gelegen	100 Stunden im Wasser gelegen	125 Stunden im Wasser gelegen	pro Versuchsstück nach 125 Stunden	pro 1 kg Steingewicht nach 125 Stunden	in % des Gewichts nach 12 Std.	in % des Gewichts nach 125 Std.
0,338	0,338	0,338	0,339	0,339	0,001	0,0039	—	0,39

Das specifische Gewicht des Materials ergab sich im Mittel aus drei Versuchen auf 2,703.

Die Versuche auf **Abnutzbarkeit** ergaben für 30 kg Belastung des Probestückes von 50 qcm Schleiffläche, 450 Umgänge der Schleifscheibe (unter Anwendung von 20 g Naxos-Schmirgel Nr. 3 auf je 22 Scheibenumgänge) für den Schleifradius von 22 cm und bei dem Eigengewicht der beiden Probestücke von I: 866,8 g, II: 876,8 g mit dem specifischen Gewicht 2,703

Die Abnutzung für Versuch I: $27{,}7 + 20{,}5 + 23{,}0 + 20{,}0 = 91{,}2\text{ g} = \frac{91{,}2}{2{,}703}\text{ ccm} = 33{,}7\text{ ccm}$

„ „ „ „ II: $20{,}0 + 18{,}8 + 23{,}9 + 22{,}6 = 85{,}3\text{ g} = \frac{85{,}3}{2{,}703}\text{ ccm} = 31{,}6\text{ ccm}.$

Lenneschiefer aus dem Brucherthale.

Druckfestigkeit:

Gedrückte Fläche = 25 qcm.

lufttrocken in der Spaltrichtung (∥)		lufttrocken in der Lagerrichtung (⊥)		wassersatt		ausgefroren an der Luft		ausgefroren unter Wasser	
Nr.	Zerstörung bei kg/qcm	Nr.	Zerstörung bei kg/qcm	Nr.	Zerstörung bei kg/qcm	Nr.	Zerstörung bei kg/qcm	Nr.	Zerstörung bei kg/qcm
1	958,9	11	1717,1	21	1349,1	31	1259,9		
2	1070,4	12	1605,6	22	1360,3	32	1661,3		
3	958,9	13	1694,8	23	1449,5	33	1482,9		
4	892,0	14	1806,3	24	1516,4	34	1304,5		
5	1204,2	15	1650,2	25	1694,8	35	1393,7		
6	936,6	16	1895,5	26	1393,7			36	1449,5
7	1315,7	17	1561,1	27	1460,6			37	1672,5
8	958,9	18	1561,1	28	1349,1			38	1605,6
9	1293,4	19	1873,2	29	1061,3			39	1248,8
10	1181,9	20	1583,3	30	1616,7			40	1449,5
Sa.	10770,9	Sa.	16948,1	Sa.	14851,5	Sa.	7102,3	Sa.	7425,9
Mittel	1077	Mittel	1695	Mittel	1485	Mittel	1420	Mittel	1485
Eigenes Gewicht	0,328 kg	Eigenes Gewicht	0,326 kg	Eigenes Gewicht	0,331 kg	Eigenes Gewicht	0,324 kg	Eigenes Gewicht	0,328 kg

Im Mittel aus 10 Versuchen betrug in Kilogrammen ausgedrückt:

das Gewicht der Probestücke:					die Wasseraufnahme:			
beim Eintreffen	25 Stunden auf heißen Eisenplatten getrocknet	12 Stunden im Wasser gelegen	100 Stunden im Wasser gelegen	125 Stunden im Wasser gelegen	pro Versuchsstück nach 125 Stunden	pro 1 kg Steingewicht nach 125 Stunden	in % des Gewichts nach 12 Std.	in % des Gewichts nach 125 Std.
0,330	0,328	0,330	0,331	0,331	0,003	0,0086	0,61	0,86

Das specifische Gewicht des Materials ergab sich im Mittel aus drei Versuchen auf 2,218.

Die Versuche auf Abnutzbarkeit ergaben für 30 kg Belastung des Probestückes von 50 qcm Schleiffläche, 450 Umgänge der Schleifscheibe (unter Anwendung von 20 g Naxos-Schmirgel Nr. 3 auf je 22 Scheibenumgänge) für den Schleifradius von 22 cm und bei dem Eigengewicht der beiden Probestücke von I: 909,9 g, II: 948,5 g mit dem specifischen Gewicht 2,218

Die Abnutzung für Versuch I: $8{,}4 + 7{,}2 + 6{,}9 + 6{,}8 = 29{,}3\text{ g} = \frac{29{,}3}{2{,}218}\text{ ccm} = 13{,}2\text{ ccm}$

„ „ „ „ II: $13{,}3 + 22{,}6 + 20{,}6 + 15{,}4 = 71{,}9\text{ g} = \frac{71{,}9}{2{,}218}\text{ ccm} = 32{,}4\text{ ccm}.$

auf konstantem Druck erhalten bleibt und sich immer wieder selbstthätig auf gleiche Höhe einstellt, sobald ein Theil des Druckwassers in Folge Durchlässigkeit der Proben abfließt.

Der konstante Druck wird durch unmittelbare Belastung des Druckkolbens B erzielt, indem Gewichte bestimmter Größe an das aus zwei Stangen N, N und den beiden Bügeln J und K gebildete Rahmenwerk gehängt werden, welches bei J mit einer Spitze auf der Stirnfläche des Kolbens B ruht.

Zur selbstthätigen Ergänzung des abgeschlossenen Druckwassers ist der Cylinder A bei G (Fig. 3) an die städtische Wasserleitung angeschlossen, welche durch den Hahn E geschlossen oder geöffnet werden kann. Zu Beginn des Versuches wird der Cylinder gefüllt und der Hahnverschluß vermittelst der bei E angeordneten Klemmvorrichtung zu dem Hebel C so eingestellt, daß bei der geringsten Linksdrehung der Zufluß neuen Wassers stattfindet. Diese Drehung erfolgt nun gleichzeitig mit dem Eintritt von Druckwasserverlust, indem der Kolben mit dem Gestänge sich abwärts bewegt und letzteres den Hahn mittelst der beiden Hebel D und C und der Stange L bethätigt.

Die Größe der Kolbenbelastung zur Erzielung eines Wasserdruckes von 1 Atmosphären berechnet sich mit Rücksicht auf den Kolbendurchmesser von 43,7 mm oder auf die wirksame Kolbenfläche von 15 qcm zu 15 kg. Der Apparat ist zur Erzeugung eines Druckes von 2 bis 10 Atmosphären bestimmt. Das hierzu erforderliche Gewicht setzt sich aus 12 einzelnen Gewichtstheilen zusammen.

Das Eigengewicht des Rahmenwerkes und das Gewichtsmoment des Hebelwerkes ist durch das Gegengewicht O an dem Hebel C ausgeglichen und der Kolben luftdicht in den Cylinder A eingeschliffen.

Das etwa in Folge von Undichtigkeit des Kolbens austretende Wasser wird in der kragenförmigen Erweiterung am oberen Ende des Cylinders aufgefangen und durch den Stutzen S abgelassen.

Der Gummiring P, welcher auf den Kolben aufgeschoben ist und sich gegen den Bund Q legt, dient dazu den Stoß zu mildern, sobald der Kolben bei etwa eintretendem Bruch einer Probe oder beim Ablassen des Druckwassers sich schnell abwärts bewegt.

Der Druckwasservertheiler, Taf. 3, Fig. 4 und 5, besteht aus einem cylindrischen Metallstück mit Fuß, welches sieben seitliche radikale und eine obere achsiale Bohrung enthält. In letztere ist ein Manometer eingeschraubt, an dem der erzeugte Druck kontrolirt werden kann. Von den sieben radialen Bohrungen ist eine mit dem Regulator verbunden, von den übrigen führen einzelne, durch Hähne abschließbare Rohrleitungen zu den verschiedenen Einspannapparaten, so daß gleichzeitig bis zu sechs Proben untersucht werden können.

Die Einspannapparate, Fig. 6 und 7, Taf. 3, sind gußeiserne cylindrische Gehäuse mit nach oben gekehrtem Boden, welche mit einem außen umlaufenden Flansch auf Glascylinder stehen.

Die scheibenförmige Probe von 71 mm Durchmesser wird in dem Gehäuse untergebracht und sowohl gegen dessen Boden als auch gegen den von unten eingeschraubten Messingring durch Gummiringe derart abgedichtet, daß in der Mitte beiderseits eine Fläche von ca. 21 qcm frei bleibt. Ueber der oberen derselben steht das Druckwasser, welches durch den Boden eintritt und in einer inneren Aussparung des Boden von 52 mm Durchmesser sich ansammeln kann.

Das durch die Probe hindurchgehende Druckwasser, dessen Menge das Maß für die Durchlässigkeit des Materiales giebt, wird in dem unterstehenden Glascylinder aufgefangen.

Um es gegen Verdunsten zu schützen, ist zwischen der gedrehten Auflagefläche des Gehäuses und dem abgeschliffenen Cylinderrand ein Gummiring eingeschaltet.

Zur Prüfung wurden folgende Materialien eingereicht: Weißkalk, bezw. Beckumer Wasserkalk, Fettkalkteig, extra feingesiebter Plaidter Traß, Schlebusscher Sand bezw. Rheinsand, Dyckerhoff-Cement.

Zunächst seien im Nachfolgenden die Ergebnisse der Versuche hinsichtlich der allgemeinen Eigenschaften der genannten Substanzen zusammengestellt, wobei folgende Bezeichnungen gewählt sind:

Für Weißkalk	Kalk W.
Beckumer Wasserkalk	Kalk B.
Fettkalkteig	Kalk F.
Extra feingesiebter Plaidter Traß . . .	Traß I.
Plaidter Traß	Traß II.
Schlebusscher Sand	Sand S.
Normalsand	Normalsand.
Rheinsand I	R. I.
Rheinsand II	R. II.
Dyckerhoff-Cement	Cement.

Ergebnisse der Versuche auf Ablöschen.

Material	a. Ablöschen zu pulverförmigem Kalkhydrat					b. Ablöschen zu Teigform.					Die Ablöschung in Kalkpulver und Kalkteig ging gut und ohne Hinterlassung steiniger Rückstände vor sich.
	Zeitdauer in Minuten		Zum Ablöschen erforderliche Wassermenge	Menge des aus 2 Liter Stückkalk in Wallnußgröße erhaltenen Kalkhydrates von gelblich weißer Farbe		Zeitdauer in Minuten		Zum Ablöschen erforderliche Wassermenge	Menge des Kalkteiges von butterartiger Konsistenz aus 2 Liter Stückkalk in Wallnußgröße	Glühverlust (Wasser) für 100 gr Kalkteig	
	vom Anfeuchten bis zum Beginn des Ablöschens	des Löschprozesses		eingelaufen	eingerüttelt	vom Einquellen bis zum Beginn des Löschprozesses	des Löschprozesses				
			%	L	L			%	L	g	
Kalk W	4	5	33,8	4,060	2,733	6	25	225	3,033	54	
„ B	3	4	30,4	3,952	2,526	6	25	148	2,814	52	
„ F	—	—	—	—	—	—	—	—	—	50	

Einheitsgewichte der Materialien.

Mittelwerthe aus je 3 Versuchen.

Material	Gewicht für 1 Liter			Specifisches Gewicht im geglühten Zustande
	im trockenen Zustande		in Teigform eingefüllt	
	eingelaufen kg	eingerüttelt kg	kg	
Kalk W	0,532	0,789	1,282	2,400
„ B	0,501	0,784	1,400	2,830
„ F	—	—	1,357	—
Traß I	1,004	1,425	—	2,273
„ II	0,944	1,274	—	2,500
Sand S	1,604	1,820	—	—
„ R I	1,417	1,655	—	—
„ R II	1,393	1,585	—	—
Normalsand	1,410	1,640	—	—
Cement	1,326	1,944	—	3,106

Ergebnisse der Siebversuche zur Ermittelung der Korngröße.

Material	Rückstand in % auf Sieben mit der nachstehenden Maschenzahl auf 1 qcm									
	5000	2500	900	600	324	240	180	120	60	20
Kalk W	10,0	4,0	1,0	0,3	0,0	—	—	—	—	—
„ B	6,0	4,0	3,0	2,0	1,0	0,3	0,0	—	—	—
Traß I	38,0	30,0	16,0	8,0	6,0	3,0	1,0	0,3	0,0	—
„ II	40,0	32,0	23,0	15,0	10,0	5,0	2,0	0,1	0,0	—
Sand S	98,0	96,0	91,0	78,0	65,0	53,0	41,0	35,0	21,0	20,0
„ R I	100,0	98,0	81,0	53,0	27,0	15,0	7,0	4,0	2,0	1,5
„ R II	96,0	94,0	61,0	22,0	7,0	3,0	1,0	0,5	0,0	—
Normalsand	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	0,0	—
Cement	18,0	—	1,0	0,4	0,0	—	—	—	—	—

Die Versuche auf Volumenbeständigkeit, sowie auf Haftvermögen der Mörtel am Steine sind bestanden worden. Zwecks Herstellung der für diese Versuche erforderlichen Probekörper (Kuchen) wurden die Mörtel, welche mit der unten angegebenen Wassermenge angemacht wurden, auf Glasplatten und Dachziegeln ausgegossen. Die von jeder Mörtelsorte angefertigten zehn Stück Kuchen, von denen je fünf Proben nur an der Luft, die anderen je fünf drei Tage an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser erhärteten, blieben vollkommen eben, rißfrei und haftend.

Der ferner zu den Versuchen benutzte Cement beanspruchte als reiner Cement zur Hergabe eines Mörtels von syrupartiger Konsistenz 33 % Wasser. Derselbe ergab — etwas steifer mit 27,3 % Wasser angemacht — eine Temperatur-Erhöhung von 2,1 ° C. und band bei einer Temperatur der Luft von durchschnittlich 18,2 ° C. in vier Stunden ab, bei einem Erhärtungsanfang von zwei Stunden.

Die mit dem Cement angestellten Versuche auf Volumenbeständigkeit wurden bestanden. Mit der Herstellung der Probekörper zu den Prüfungen auf Wasserdurchlässigkeit, sowie auf Zugfestigkeit und Druckfestigkeit wurde begonnen, nachdem der Kalk W neun Tage als Kalkteig, Kalk B zehn Tage als Kalkpulver gelagert hatte.

Hierbei betrug im Durchschnitt

die Temperatur der Luft	18,6 ° C.
„ „ des Wassers	15,3 ° C.
die Feuchtigkeit der Luft	69 %.

Die in Anwendung gebrachten Mörtel wurden nach angemessenem Durcharbeiten der Mischungen so angefeuchtet, daß sie sich in der Hand ballen und sicher in die Formen schlagen ließen, wobei den Wasserdurchlässigkeits-, Zug- und Druckproben ein gleicher Feuchtigkeitsgehalt gegeben wurde. Der Feuchtigkeitsgehalt dieser Mörtel für die Einschlage-Konsistenz, sowie der von Mörteln derselben Zusammensetzung für die syrupartige Gebrauchs-Konsistenz und die Konsistenz der Volumenproben wurde durch Abdampfung der Mörtel bestimmt, wobei sich in Procenten das Gewicht der nach gewogenen Volumentheilen hergestellten Mörtelmischungen ergab:

Für die Mörtel	Das Wasserquantum		
	für die Platten-Konsistenz (Volumenproben)	für die Festigkeits-proben	für die Mörtel-Konsistenz
I. 1 Vol. Weißkalk-Teig + 1,5 Vol. Plaidter Traß + 0,5 Vol. Schlebusscher Sand	41 %	21 %	48 %
II. 1 Vol. Beckumer Wasserkalkpulver + 1,25 Vol. Plaidter Traß + 0,75 Vol. Rheinsand I. . .	32 %	18 %	40 %
III. 1 Vol. Fettkalkteig + 1,5 Vol Traßmehl + 0,5 Vol. Rheinsand II.	60 %	31,6 %	80 %
IV. 1 Vol. Fettkalkteig + 2 Vol. Rheinsand II + 1 Vol. Dyckerhoff-Cement + 2 Vol. Rheinsand II.	24 %	13,7 %	32 %

Für die Mörtelmischungen wurden die vorstehend angegebenen Gewichte der Substanzen pro Liter eingelaufen bezw. eingefüllt benutzt.

Bei der Herstellung der Probekörper wurde besonderer Werth auf Erlangung von Probekörpern mit gleicher Dichte G : V gelegt.

Die auf Wasserdurchlässigkeit angestellten Versuche, ausgeführt an kreisrunden Platten von 7,1 cm Durchmesser und 2,28 cm Dicke, ergaben bei einem nach dem Antrage ausgeübten Wasserdrucke von 2 bis 2 1/2 Atmosphären für die vorstehend genannten Mörtel folgende Resultate:

Mörtel	Erhärtungsort	6 Wochen alt	12 Wochen alt	18 Wochen alt
I	Die ersten drei Tage an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser erhärtet.	Die Proben zeigten drei Tage nach dem Einlegen in den Apparat kein Durchlassen des Wassers, standen also dicht.	Die Proben zeigten drei Tage nach dem Einlegen an der unteren Fläche feuchte Stellen, welche nach und nach eine kleine Tropfenbildung erkennen ließen.	Verhalten wie bei den zwölf Wochen alten Proben.
	Nur an der Luft erhärtet.	Die Proben zeigten zwanzig Minuten nach dem Einlegen feuchte Stellen, die sich nach und nach zur Tropfenbildung gestalteten.	Die Proben zeigten 15 Minuten nach dem Einlegen ein Durchlassen in schwacher und langsamer Tropfenbildung.	Desgl.
II	Den ersten Tag an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser erhärtet.	Die Proben zeigten drei Tage nach dem Einlegen in den Apparat kein Durchlassen des Wassers, standen also dicht.	Verhalten wie bei sechs Wochen alten Proben.	Verhalten wie bei den zwölf Wochen alten Proben.
	Nur an der Luft erhärtet.	Die Proben zeigten 30 Minuten nach dem Einlegen ein Durchlassen des Wassers in Form langsamer Tropfenbildung.	Die Proben zeigten 6—8 Stunden nach dem Einlegen an der unteren Fläche schwach feuchte Stellen, welche sich langsam zu einer leichten Tropfenbildung entwickelten.	Die Proben ließen 6—8 Stunden nach dem Einlegen feuchte Stellen erkennen, die sich zu schwacher Tropfenbildung entwickelten.

Die mit Mörtel III auf Wasserdurchlässigkeit angestellten Versuche ergaben bei den 4, 6, 12 und 18 Wochen alten Proben und zwar sowohl für die Wasser-, wie für die Luftproben eine vollkommene Wasserdichtigkeit.

Der Ausfall der Versuche mit Proben aus Mörtel I gab die Veranlassung zu einer Reihe neuer Prüfungen auf Wasserdurchlässigkeit und zwar für eine Mörtelmischung, in welcher unter Beibehaltung der übrigen Bestandtheile der Schlebusscher Sand durch Rheinsand ersetzt war. Es ergab sich hierbei, daß sämmtliche Proben für beide Erhärtungsarten und die verschiedenen Altersklassen sich als vollkommen wasserdicht erwiesen.

Die mit den Mörteln auf Zug und Druck ausgeführten Versuche führten zu den in den folgenden Tabellen enthaltenen Ergebnissen.

Prüfungen von Mörtelproben aus 1 Vol. Weißkalkteig + 1,5 Vol. Traßmehl + 0,5 Vol. Schlebusscher Sand.

Erhärtung unter Wasser. ||| Erhärtung an der Luft.

Die in den Tabellen angegebenen Zahlen sind Kilogramm pro Quadratcentimeter.

Nr.	6 Wochen alt	12 Wochen alt	18 Wochen alt	Bemerkungen
	Zugfestigkeit Zerreißungsquerschnitt = 5 qcm			
1	14,00	15,75	16,25	21% Wasser. Auf Metallplatten eingeschlagene Proben. Die Proben erhärteten die ersten drei Tage an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser.
2	13,00	15,50	17,75	
3	13,25	14,75	16,58	
4	15,75	15,25	16,00	
5	12,50	14,50	17,50	
Sa.	68,50	75,75	84,08	
Mittel	13,70	15,75	16,82	
Nr.	Druckfestigkeit Würfel mit 50 qcm Fläche			
1	66,1	94,1	99,7	21% Wasser. Auf Metallplatten eingeschlagene Proben. Die Proben erhärteten die ersten drei Tage an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser.
2	78,4	95,2	104,2	
3	73,9	89,6	116,5	
4	71,7	88,5	110,9	
5	69,4	84,0	112,0	
Sa.	359,5	451,4	543,3	
Mittel	71,9	90,3	108,7	

Nr.	6 Wochen alt	12 Wochen alt	18 Wochen alt	Bemerkungen
	Zugfestigkeit Zerreißungsquerschnitt = 5 qcm			
1	7,50	9,25	10,00	21% Wasser. Auf Metallplatten eingeschlagene Proben. Die Proben erhärteten an der Luft.
2	7,50	9,00	9,75	
3	8,50	10,25	9,00	
4	8,25	9,00	10,50	
5	8,75	8,75	10,00	
Sa.	40,50	46,25	49,25	
Mittel	8,10	9,25	9,85	
Nr.	Druckfestigkeit Würfel mit 50 qcm Fläche			
1	65,0	84,0	94,1	21% Wasser. Auf Metallplatten eingeschlagene Proben. Die Proben erhärteten an der Luft.
2	72,8	76,2	99,7	
3	77,3	87,3	82,9	
4	66,1	75,0	80,6	
5	69,4	82,9	88,5	
Sa.	350,6	405,5	445,8	
Mittel	70,1	81,1	89,2	

Prüfungen von Mörtelproben aus 1 Vol. Beckumer Wasserkalkpulver + 1,25 Vol. Traßmehl + 0,75 Vol. Rheinsand I.

Erhärtung unter Wasser. ||| Erhärtung an der Luft.

Die in den Tabellen angegebenen Zahlen sind Kilogramm pro Quadratcentimeter.

Nr.	6 Wochen alt	12 Wochen alt	18 Wochen alt	Bemerkungen
	Zugfestigkeit Zerreißungsquerschnitt = 5 qcm			
1	18,00	21,00	22,50	18% Wasser. Auf Metallplatten eingeschlagene Proben. Die Proben erhärteten den ersten Tag an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser von 17° C.
2	17,00	18,50	23,00	
3	17,00	22,00	22,00	
4	18,00	22,50	24,25	
5	16,75	22,00	22,25	
Sa.	86,75	106,00	114,00	
Mittel	17,35	21,20	22,80	
Nr.	Druckfestigkeit Würfel mit 50 qcm Fläche			
1	94,1	134,4	150,0	18% Wasser. Auf Metallplatten eingeschlagene Proben. Die Proben erhärteten den ersten Tag an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser von 17° C.
2	114,2	128,8	155,7	
3	96,3	135,5	152,3	
4	104,2	141,1	170,2	
5	99,7	129,9	150,1	
Sa.	508,5	669,7	787,3	
Mittel	101,7	133,9	157,5	

Nr.	6 Wochen alt	12 Wochen alt	18 Wochen alt	Bemerkungen
	Zugfestigkeit Zerreißungsquerschnitt = 5 qcm			
1	12,50	15,50	17,50	18% Wasser. Auf Metallplatten eingeschlagene Proben. Die Proben erhärteten an der Luft.
2	12,00	16,50	18,75	
3	10,50	18,00	17,25	
4	10,00	16,00	18,00	
5	11,75	16,25	17,00	
Sa.	56,75	82,25	88,50	
Mittel	11,35	16,45	17,70	
Nr.	Druckfestigkeit Würfel mit 50 qcm Fläche			
1	97,4	10,86	13,78	18% Wasser. Auf Metallplatten eingeschlagene Proben. Die Proben erhärteten an der Luft.
2	96,3	11,54	14,90	
3	88,4	11,76	13,89	
4	96,3	11,42	14,56	
5	93,0	11,65	14,57	
Sa.	471,4	572,3	718,0	
Mittel	94,3	114,5	143,6	

Prüfungen von Mörtelproben aus 1 Vol. Fettkalkteig + 1,5 Vol. Traßmehl + 0,5 Vol. Rheinsand II.

Die in den Tabellen angegebenen Zahlen sind Kilogramm pro Quadratcentimeter.

Erhärtung unter Wasser.

Nr.	6 Wochen alt	12 Wochen alt	18 Wochen alt	Bemerkungen
	Zugfestigkeit Zerreißungsquerschnitt = 5 qcm			
1	20,00	26,00	27,50	31,6 % Wasser. Auf Metallplatten eingeschlagene Proben. Die Proben erhärteten die ersten drei Tage an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser von 17° C.
2	21,00	23,50	25,25	
3	20,00	27,00	26,00	
4	19,50	23,25	25,50	
5	22,00	24,25	25,00	
Sa.	102,50	124,00	129,25	
Mittel	20,50	24,80	25,85	
Nr.	Druckfestigkeit Würfel mit 50 qcm Fläche			
1	105,3	127,7	138,9	
2	118,7	138,9	155,7	
3	127,7	131,0	147,8	
4	118,7	140,0	142,2	
5	123,2	126,6	155,7	
Sa.	593,6	664,2	740,3	
Mittel	118,7	132,8	148,1	

Erhärtung an der Luft.

Nr.	6 Wochen alt	12 Wochen alt	18 Wochen alt	Bemerkungen
	Zugfestigkeit Zerreißungsquerschnitt = 5 qcm			
1	10,50	11,50	12,75	31,6 % Wasser. Auf Metallplatten eingeschlagene Proben. Die Proben erhärteten an der Luft.
2	10,00	12,00	16,50	
3	11,50	10,75	13,00	
4	12,00	11,75	12,50	
5	11,25	11,00	13,25	
Sa.	55,25	57,00	68,00	
Mittel	11,05	11,40	13,60	
Nr.	Druckfestigkeit Würfel mit 50 qcm Fläche			
1	94,1	95,1	122,1	
2	105,3	91,8	115,4	
3	96,3	100,8	122,1	
4	89,6	89,6	97,4	
5	84,0	103,0	114,2	
Sa.	469,3	480,4	571,2	
Mittel	93,9	96,1	114,2	

Prüfungen von Mörtelproben aus 1 Vol. Fettkalkteig + 2 Vol. Rheinsand II + 1 Vol. Dyckerhoff-Cement + 2 Vol. Rheinsand II.

Die in den Tabellen angegebenen Zahlen sind Kilogramm pro Quadratcentimeter.

Erhärtung unter Wasser.

Nr.	18 Wochen alt	Nr.	18 Wochen alt	Bemerkungen
	Zugfestigkeit Zerreißungsquerschnitt = 5 qcm			
1	14,50	1	10,75	13,7 % Wasser. Die auf Metallplatten eingeschlagenen Platten erhärteten für die eine Hälfte der ersten drei Tage an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser; für die andere Hälfte nur an der Luft.
2	17,50	2	11,50	
3	15,75	3	10,00	
4	15,50	4	10,50	
5	15,50	5	11,25	
Sa.	78,25	Sa.	54,00	
Mittel	15,65	Mittel	10,80	
Nr.	Druckfestigkeit Würfel mit 50 qcm Fläche			
1	107,5	1	122,1	
2	116,5	2	108,6	
3	127,7	3	106,4	
4	127,7	4	104,2	
5	118,7	5	103,0	
Sa.	598,1	Sa.	544,3	
Mittel	119,6	Mittel	108,9	

Prüfungen von Cementmörteln (Dyckerhoff) aus a) Reinem Cement, b) 1 Gew.-Thl. Cement + 3 Gew.-Thl. Normalsand.

Die in den Tabellen angegebenen Zahlen sind Kilogramm pro Quadratcentimeter.

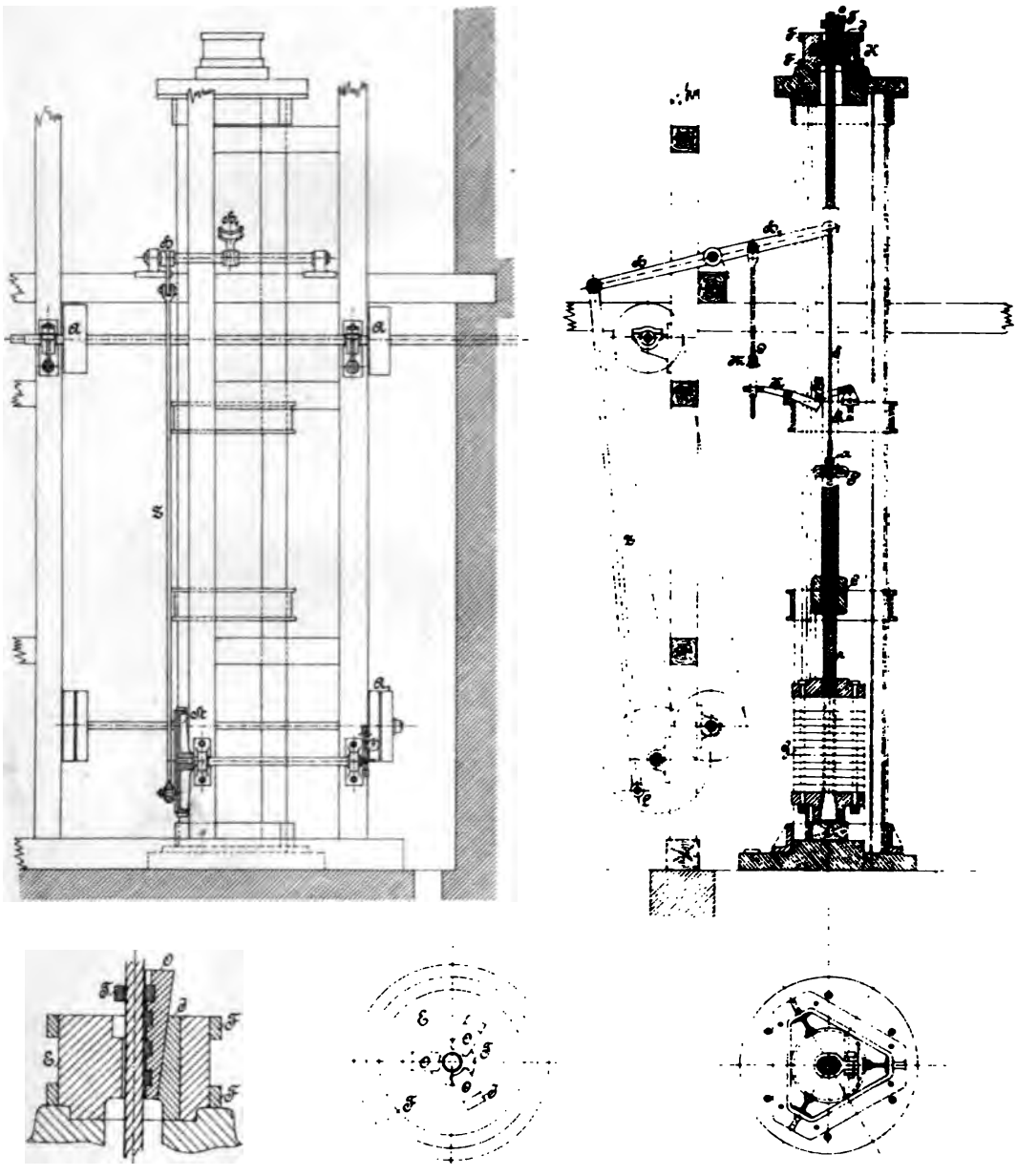
Reiner Cement, 16,5 % Wasser			1 Gew.-Thl. Cement + 3 Gew.-Thl. Normalsand, 10,0 % Wasser			Bemerkungen
Nr.	7 Tage alt	28 Tage alt	Nr.	7 Tage alt	28 Tage alt	
	Zugfestigkeit Zerreißungsquerschnitt = 5 qcm					
1	36,50	46,25	1	15,00	19,50	Die auf Metallplatten eingeschlagenen Proben erhärteten den ersten Tag an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser.
2	39,50	46,50	2	14,00	19,75	
3	41,00	47,50	3	15,00	18,25	
4	40,00	45,00	4	13,75	21,00	
5	38,00	47,00	5	14,75	20,00	
Sa.	195,00	232,25	Sa.	72,50	98,50	
Mittel	39,00	46,45	Mittel	14,50	19,70	
Nr.	Druckfestigkeit Würfel mit 50 qcm Fläche					
1	395,5	476,9	1	132,2	163,5	
2	378,8	467,9	2	134,4	168,0	
3	378,8	448,4	3	227,7	165,8	
4	384,4	434,5	4	145,6	169,1	
5	395,5	456,2	5	138,9	166,9	
Sa.	1933,0	2274,9	Sa.	678,8	833,3	
Mittel	386,6	455,0	Mittel	135,8	166,7	

Für die Redaktion verantwortlich: A. Martens. — Verlag von Julius Springer in Berlin.

Druck von C. Buchbinder in Neu-Ruppin.

Fallwerk für Seilprüfungen.

1:40 der nat. Größe.



Kopf des Schlagwerkes.

1:15 d. n. Größe.

Verlag von Julius Springer in Berlin N

THE NEW YORK
PUBLIC LIBRARY

ASTOR, LENOX AND
TILDEN FOUNDATIONS
R L

Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 3.

Fig. 4.

THE NEW YORK
PUBLIC
ASTOR, LENOX AND
TILDEN FOUNDATIONS
R L

M. Rudeloff: Schlagversuche mit Seilverbindungen für Fahrstuhl-Betrieb.

Fig. 5.

Fig. 6.

Fig. 7.

Fig. 8.

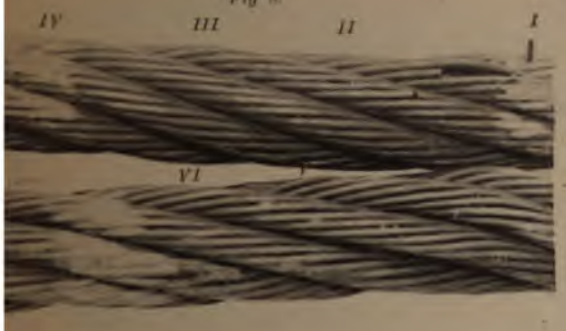


Fig. 11.

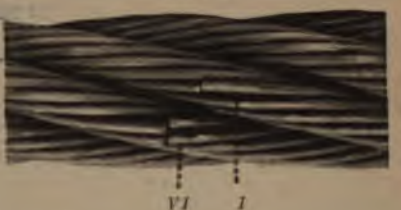


Fig. 9.

Fig. 12.

Fig. 10.

Fig. 13.

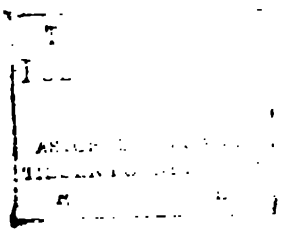


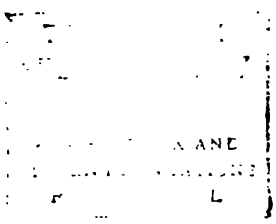
Fig. 14.

Fig. 15.

Fig. 16.

Fig. 17.

Fig. 18.



Druckvertheiler.

Fig. 4.

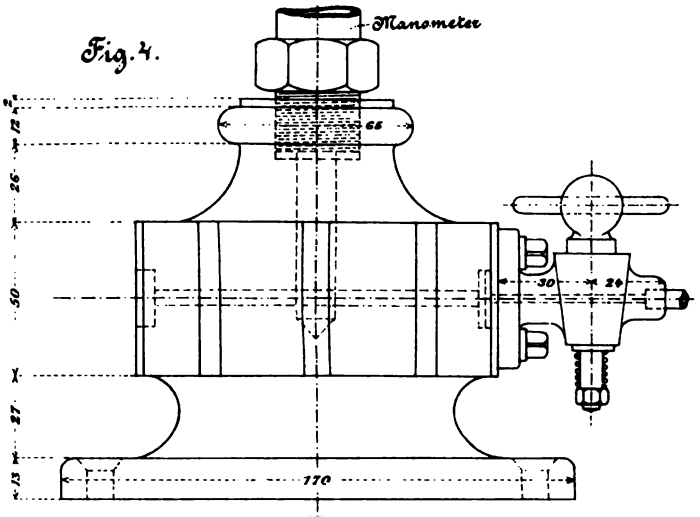
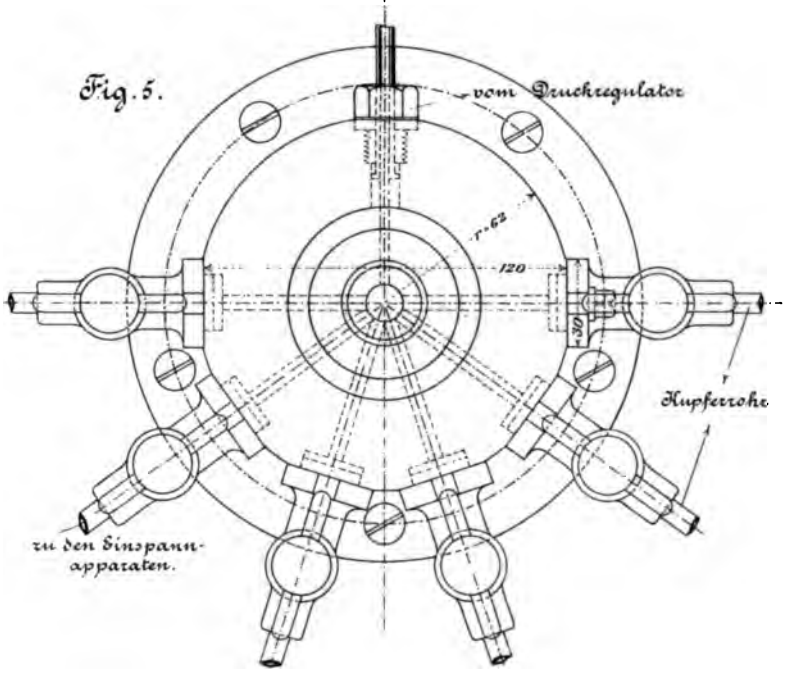


Fig. 5.



Einspannapparat.

Fig. 6.

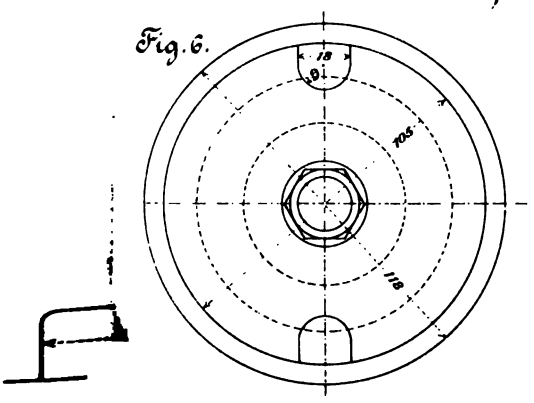
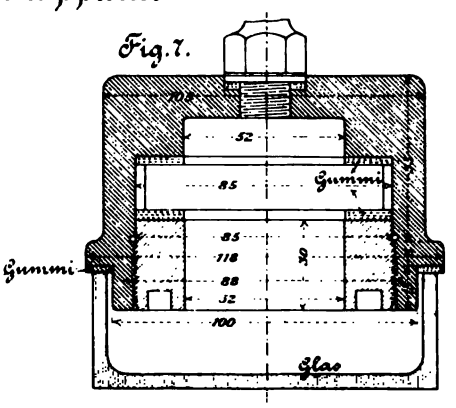


Fig. 7.



THE NEW YORK
PUBLIC LIBRARY

Mittheilungen
aus den
Königlichen technischen Versuchsanstalten
zu Berlin.

Herausgegeben im Auftrage
der Königlichen Aufsichts-Kommission.

XI. Jahrgang. 1893. Fünftes Heft.

1. Bericht über die Thätigkeit der Königlichen technischen Versuchsanstalten im Etatsjahre 1892/93.

A. Mechanisch-technische Versuchsanstalt.

a. Personalbestand.

Der Personalbestand blieb gegen das Vorjahr unverändert.

b. Vermehrung der Hülfsmittel.

Die Erweiterung in der Ausrüstung der Anstalt und im Besonderen der mechanisch-technischen Abtheilung mit Festigkeitsprobirmaschinen und Maschinen zur sachgemäßen Bearbeitung der Versuchsstäbe hatte sich bereits am Ende des Vorjahres als nothwendig erwiesen und wurde schon damals begonnen. Im verflossenen Jahre erstreckte sie sich auf die Beschaffung einer Pohlmeyerschen Maschine von 100 t Kraftleistung, von zwei Fraisemaschinen, einer Drehbank, einer Schmirgelmaschine zum Schleifen und zur Anfertigung von Fraisen und anderen Werkzeugen, sowie einer Schleifmaschine zur Herstellung von Schliffen für die mikroskopische Untersuchung von Metallen. Die Mittel für diese umfassenden Neubeschaffungen wurden als Extraordinarium durch Ministerialerlaß vom 7. April 1892 bereit gestellt.

Unter den Beschaffungen, welche aus den Mitteln des ordentlichen Etats erfolgten, sind hervorzuheben: ein schweres Kupplungsstück für die 500 t-Maschine zur Ausführung von Zerreißversuchen mit kurzen Proben; zwei große Kontrolstäbe zur Prüfung und Justirung der im Vorjahre beschafften Torsionsmaschine; zwei neue Diagrammapparate zu den 50- und 100 t-Pohlmeyer-Maschinen; ferner für die Abtheilung für Papierprüfung ein Mikrotom mit Zubehör von Klönne und Müller und für die Abtheilung für Oelprüfung zwei Englersche Normalviskosimeter nach den zwischen der Versuchsanstalt und der Großherzoglichen Versuchsanstalt Karlsruhe vereinbarten Grundsätzen, sowie ein Apparat zur Bestimmung der Ausdehnungskoeffizienten von zähflüssigen Oelen.

Von dem Feinmechaniker der Anstalt wurden neu angefertigt: ein Spiegelapparat, System Martens; zwölf Meßfedern für die vorhandenen Spiegelapparate; zwei Zeigerwerke und Schaulinienzeichner für die Pohlmeyer-Maschinen; eine Beleuchtungsvorrichtung für auffallendes Licht für mikrophotographische Zwecke u. a. m.

c. Arbeiten der Anstalt.

Seitens der mechanisch-technischen Abtheilung wurden in der Zeit vom 1. April 1892 bis 31. März 1893 insgesammt 247 Anträge erledigt, von denen 45 auf Behörden und 202 auf Private entfallen. Diese Aufträge umfassen 2320 Versuche und zwar: 1569 Zugversuche (1174 mit Metallen und deren Legirungen an besonders hergerichteten Zugstäben, 39 mit Riemen, 57 mit Drahtseilen, 92 mit Hanfseilen, 36 mit Ketten, 115 mit Drähten und 56 mit Konstruktionstheilen); 177 Schlagversuche mit Proben aus verschiedenen Metallen; 93 Druck- und Knickversuche; 62 Biegeversuche; 7 Torsionsversuche mit Drähten und Stäben; 15 Scheerversuche mit Lagermetallen; 303 technologische Proben; 37 Versuche auf Widerstand gegen inneren Druck und auf Zersprengen von Rohren durch Ausfrierenlassen; 51 Härteprüfungen; 2 Bestimmungen des spezifischen Gewichtes; sowie die Herstellung von 2 Stahlschliffen zur mikroskopischen Untersuchung des Gefüges, nebst Anfertigung der zugehörigen photographischen Aufnahmen. Ferner wurde eine umfangreiche Untersuchung von Metallfarben abgeschlossen und die Prüfung und Richtigstellung einer Festigkeitsprobirmaschine ausgeführt.

Außer diesen, auf besonderen Antrag angestellten Versuchen gelangten in der mechanisch-technischen Abtheilung zum Abschluß die Untersuchungen: über die Festigkeitseigenschaften von Treibriemen aus verschiedenen Materialien; über den Einfluß des Materials und der Konstruktion auf die Festigkeit von Hanfseilen, sowie über den Einfluß der stoßweisen Belastung auf die Dauerhaftigkeit von Seilverbindungen. Die hierbei erhaltenen Ergebnisse sind in den „Mittheilungen" veröffentlicht.

Fortgesetzt wurden die Untersuchungen über die Festigkeitseigenschaften von Kupferblechen und die Dauerversuche mit Eisenbahnmaterialien. Neu eingeleitet sind umfangreiche Untersuchungen über die Festigkeitseigenschaften von Eisen-Nickellegirungen im Auftrage des Vereins für Gewerbefleiß in Berlin und über den Einfluß der Standortsverhältnisse auf die Festigkeit von Kiefern- und Buchenholz. Die letztgenannten Untersuchungen werden gemeinsam mit der forsttechnischen Versuchsanstalt zu Eberswalde durchgeführt.

Die oben genannten Antragsprüfungen zerfallen, wie in früheren Jahren, in sog. Abnahmeprüfungen, welche zum Nachweis der vertragsmäßigen Lieferung von Materialien dienen sollen, und in sog. Fabrikationsproben, aus denen die Antragsteller Kenntniß von den Güteeigenschaften der Erzeugnisse sich zu verschaffen wünschen. Die Zahl der erstgenannten Art scheint gegen die Vorjahre im Abnehmen begriffen zu sein. Der Grund hierfür ist darin zu suchen, daß die größeren industriellen Werke in Erkennung des Nutzens einer stetigen Kontrole ihrer Erzeugnisse durch den Versuch immer mehr dazu übergehen, sich selbst mit den Hülfsmitteln zur Ausführung von Festigkeitsversuchen auszurüsten. Die abnehmenden Behörden machen dann ebenfalls Gebrauch von den vorhandenen Einrichtungen oder erklären sich auch wohl mit der Ausführung der Versuche auf einem in der Nähe gelegenen Werk einverstanden. Im Allgemeinen wird das Vorgehen als das zweckentsprechendste anzusehen sein. Immerhin mahnen jedoch die Erfahrungen, welche seitens der Versuchs[redacted]bisher bei den auf Antrag der Eigenthümer vorgenommenen Prüfungen von [redacted] auf ihre Richtigkeit gemacht sind, zur Vorsicht bei Benutzung fremder [redacted]führung von ausschlaggebenden Versuchen.

In der Abtheilung für Papierprüfung wurden 5[redacted] f
Behörden und 354 auf Private entfallen; von dies

mit 20 Papieren eingegangen (Schweiz 2, Schweden 1, Frankreich 2, Oesterreich 2 und Ungarn 1). Die Anträge umfassen die Prüfung von 977 Papieren, 4 Apparaten, 83 Stoffproben und 10 Pappsorten. Die Untersuchung der Pappen bezweckte die Feststellung von Lieferungsbedingungen für Lederpappen im Auftrage einer Militärbehörde. Die Untersuchung der Papiere erstreckte sich in den weitaus meisten Fällen auf die Feststellung der Stoff- und Festigkeitsklassen behufs Einreihung in eine der Verwendungsklassen. Die Untersuchung von Stoffproben geschah meist im Auftrage von Militärbehörden zur Feststellung der probemäßigen Lieferung; in den meisten Fällen handelte es sich um die Prüfung von Segeltuch für Schnürschuhe, von Brodbeutel- und Zeltstoff. Von besonderen auf Antrag ausgeführten Untersuchungen sind zu erwähnen.

1. Die Feststellung der Festigkeitseigenschaften von verschiedenen Papieren, die aus einem neuen Rohmaterial (Arundo Donax, Italienisches Schilfrohr) hergestellt waren;
2. die Feststellung der Ursache schwarzer Flecke im Papier, welche sich als Pilzwucherungen erwiesen;
3. die Bestimmung der Länge von Cellulosefasern, welche nach verschiedenen Verfahren erzeugt worden waren;
4. ein Gutachten zur Schlichtung einer Zollstreitigkeit, ob ein geliefertes Papier als echtes oder imitirtes Pergamentpapier anzusehen sei;
5. die Untersuchung von sieben Verbandstoffen auf Aneinanderkleben und Durchlässigkeit gegen Urin;
6. ein Gutachten über die Ursache des Zerfalles einer Preßspahnsorte;
7. die Untersuchung verschiedener Löschpapierproben auf Saugfähigkeit;
8. die Untersuchung eines sogenannten „Sicherheitspapiers" (für Wechsel, Urkunden etc.) mit Bezug auf die Möglichkeit, Schriftzüge auf mechanischem oder chemischem Wege zu entfernen, ohne daß Spuren des Entfernens zurückbleiben;
9. die Untersuchung eines sogenannten „Tabakpapieres" zur Entscheidung der Frage, ob zu seiner Herstellung wirklich Tabak verwendet wurde.

Die rein wissenschaftlichen Arbeiten der Abtheilung (Sicherheitspapiere, Normalpapiere mit und ohne Wasserzeichen, holländische Büttenpapiere, die Siebrückstände der Kartoffelstärkefabrikation (Pülpe) als Zusatzstoff für Papier, Untersuchung von Schnürschuh-, Brotbeutel- und Zeltstoffen, alte und neue Vorschriften über die Herstellung und Eigenschaften von Papier) sind in den „Mittheilungen" veröffentlicht.

In der Abtheilung für Oelprüfung wurden im verflossenen Jahre zu 151 Anträgen 269 Oele und 2 Apparate untersucht. Von den Anträgen entfallen 29 mit 98 Oelen auf Behörden und 122 mit 171 Oelen auf Private.

Neben den laufenden Prüfungen auf Antrag hat die Abtheilung die vergleichenden [illegible]untersuchungen mit Oelgemischen im Auftrage des Herrn Ministers für Handel und Gewerbe [illegible]ngesetzt. Hierbei wurde besonders der Einfluß eines Gehaltes der Mineralschmieröle an in [illegible]roleumbenzin unlöslichen Asphaltstoffen und an Paraffin auf den Schmierwerth und die [illegible]ysikalischen Eigenschaften der Oele untersucht. Außerdem wurden Untersuchungen ausgeführt [illegible] die Ausdehnungskoeffizienten von Mineralschmierölen verschiedener Herkunft und die Be[illegible] dieser Zahlen zur Herkunft und zu den physikalischen Eigenschaften der Oele. Ueber [illegible]chweis von fetten Oelen in Mineralölen wurden Versuche angestellt, welche eine Ver[illegible] und Erweiterung des bisherigen Verfahrens zum Ergebniß hatten; durch vergleichende

Untersuchungen wurde endlich die Unzuverlässigkeit der Bruce-Warrenschen Reaktion zum Nachweis von trocknenden Oelen in nicht trocknenden Oelen erwiesen. Umfassende Versuche mit verschiedenen Englerschen Viskosimetern führten zu einer Vereinbarung mit der Großherzoglichen Versuchsanstalt in Karlsruhe über die Abmessungen, Fehlergrenzen und Maßnahmen bei der Aichung der Englerschen Apparate.

Die Einnahmen der Anstalt, welche auf die im Jahre 1892/93 erledigten Anträge entfallen, belaufen sich insgesammt auf 34 328,43 Mk.

Im Vergleich zu den letzten fünf Jahren stellt sich die Inanspruchnahme der einzelnen Abtheilungen wie folgt:

Abtheilung		1887/88	1888/89	1889/90	1890/91	1891/92	1892/93
Mechanisch-technische	Zahl der Aufträge	70	94	135	159	250	247
	Zahl der Versuche	530	1064	1924	1956	2477	2267
	Einnahme	4360,90	4252,65	7871,00	9908,08	15096,92	15640,64
für Papierprüfung	Zahl der Aufträge	295	318	280	490	497	548
	Zahl der Proben .	693	677	542	967	909	1140
	Einnahme	9310,00	11080,00	9379,00	16015,00	16083,95	18338,90
für Oelprüfung	Zahl der Aufträge	6	49	27	57	96	142
	Zahl der Oele .	25	139	89	107	253	273
	Einnahme	668,00	2761,00	1516,10	1311,00	3400,44	2493,35
	Gesammteinnahmen	14338,90	18093,65	18766,10	27234,08	34581,31	36472,89

B. Chemisch-technische Versuchsanstalt.

Die Thätigkeit der Anstalt während des Etatsjahres 1892/93.

In dem genannten Zeitraume wurde die Thätigkeit der Chemiker durch folgende umfangreiche Arbeiten in Anspruch genommen:

1. durch Fortsetzung der Versuche zur Bestimmung des Kohlenstoffs im Eisen;
2. durch Fortsetzung der Versuche zur Bestimmung des Mangans im Eisen;
3. durch Versuche zur Ermittelung eines einfachen Verfahrens der Bestimmung des Theergehaltes getheerter Taue;
4. durch Versuche zur Ermittelung einer Methode des Nachweises von Mineralschmieröl in Wagenschmiere für den zolltechnischen Abfertigungsdienst.
5. durch Ausarbeitung eines zolltechnischen Verfahrens zur Bestimmung von Baumwolle in Wollgarnen;
6. durch Versuche über die Genauigkeit verschiedener Schwefel-Bestimmungs-Methoden in der Eisen-Analyse.

Außer diesen Untersuchungen wurden in dem genannten Etatsjahre 471 Analysen erledigt.

Von diesen entfielen: auf Reichsbehörden 126, auf Staatsbehörden 214, auf Private 131, und zwar klassifiziren sich dieselben nach Art der Materie wie folgt:

a. Anorganische Materien.

Metalle und Legirungen 230, Mineralien und Erze 3, Thon und Sand und Mörtel 12, Mineral-Farben 56, Wasser 28, Salze und Salzsorten

Von den 230 Analysen von Metallen und Legirungen entfallen auf: Stahl und Eisen 107, Kupfer 21, Zinn 18, Zink 10, Messing 39, Bronze 6, andere Metalle 16, andere Legirungen 13.

b. Organische Materien.

Fette, fette Oele und Mineralöle 60, Kohlen 21, andere organische Stoffe 23, Summa 104.

c. Tinten.

Der Klasse I angehörend 16, der Klasse II angehörend 2, Summa 18.

C. Prüfungs-Station für Baumaterialien.

Im Betriebsjahre 1892/93 sind im allgemein wissenschaftlichen und öffentlichen Interesse, sowie auf Anträge von Behörden und Privaten im Ganzen 980 Prüfungsanträge in zusammen 18349 Versuchen zur Ausführung gelangt. Im Betriebsjahre 1891/92 waren 1004 Prüfungsanträge in 19750 Versuchen bearbeitet worden.

Nach dem Stoffe geordnet ergeben die bearbeiteten Prüfungsanträge die in nachstehender Tabelle enthaltene Zusammenstellung.

Tabellarische Zusammenstellung

der in dem XXII. Betriebsjahre 1892/93 in der Königlichen Prüfungs-Station für Baumaterialien ausgeführten Untersuchungen.

	Anzahl der Anträge	Anzahl der Versuche
I. Untersuchungen der Eigenschaften von gebrannten und ungebrannten Steinen, sowie von Bruchsteinen.		
a. Prüfungen auf Druckfestigkeit		
α) für Ziegel und andere künstliche Steine	184	1815
β) = Bruchsteine	149	1468
b. Prüfungen auf Wasseraufnahme		
α) für Bruchsteine	30	300
β) = Dachziegel und Cement-Dachplatten (auf Wasserdurchlässigkeit)	3	35
γ) = Asphaltplatten (auf Wasserdurchlässigkeit)	2	10
δ) = Korksteine	2	4
c. Prüfungen auf Wasseraufnahme, Bruchflächenbeschaffenheit, Wetterbeständigkeit		
α) für Ziegel und andere künstliche Steine	45	1305
β) = Dachziegel und Thonplatten	6	180
d. Prüfungen auf spezifisches Gewicht und Härte		
α) für Ziegel und andere künstliche Steine, sowie Holz und Xylolith	83	249
β) = Dachziegel, Thon- und Cementplatten	19	57
γ) = Bruchsteine (auf spezifisches Gewicht)	31	93
e. Prüfungen auf Bruchfestigkeit		
α) für Ziegel und andere künstliche Steine, sowie Holzseilbretter	24	240
β) = Dachziegel und Thonplatten	29	290
γ) = Bruchsteine	4	40
Zu übertragen	611	6086

		Anzahl der Anträge	Anzahl der Versuche
f.	Prüfungen auf Feuerbeständigkeit[1]) Uebertrag	611	6086
	α) für Ziegel und andere künstliche Steine	8	40
h.	Prüfungen auf Bruchfestigkeit von Thon- und Cementröhren .	6	30
i.	Prüfungen von Dachpappen auf Zugfestigkeit, Dehnbarkeit und Wasseraufnahme	4	34
k.	Prüfungen auf Abnutzbarkeit		
	α) für Ziegel und andere künstliche Steine, sowie Holz und Xylolith	24	192
	β) " Bruchsteine	30	240
	Prüfungen auf Bearbeitungsmöglichkeit von Schieferplatten .	1	6
	Prüfungen auf Schwindung von Korksteinen	2	10
	Umfangreichere Prüfungen auf Zug-, Druck- und Bruchfestigkeit, Abnutzbarkeit ꝛc. von Kunststeinproben, künstlichem Sandstein, Cementprobekörpern, künstlichen Pflastersteinproben, Kunststeinplatten, Schlackensteinen, Kunststeinfliesen ꝛc. . .	107	871
II.	Untersuchungen von Bindemitteln.		
1.	Cement-Untersuchungen auf Frostbeständigkeit, Abnutzung, Gewicht, Mahlung, Temperatur-Erhöhung, Abbindezeit, Volumenbeständigkeit, Zug- und Druckfestigkeit	117	9330
2.	Kalk-Untersuchungen: Wie bei den Cementen behandelt . .	7	700
3.	Gips-Untersuchungen: Wie bei den Cementen behandelt . .	5	41
4.	Untersuchungen mit Probekörpern (Terranova) hergestellt aus Kalkteig, Ziegelmehl und Alabastergips auf Zug- und Druckfestigkeit, Wasseraufnahme ꝛc.	18	162
5.	Untersuchungen mit Probekörpern, hergestellt aus Estrichgips, Bimssand, Stuckgips auf Zug, Druck, Bruch, Wasseraufnahme ꝛc.	29	252
6.	Untersuchungen von künstlichen Pflastersteinproben, bezeichnet „Bitumelith", auf Zug, Druck, Bruch ꝛc.	1	255
7.	Untersuchungen auf Feuerbeständigkeit, bezw. Feuerübertragungsfähigkeit mit einem kleinen Gebäude aus „Cementgipsgußwänden"	10	100
	Summa	980	18349

Von den bearbeiteten 980 Prüfungsanträgen beziehen sich 793 Anträge (in 7509 Versuchen) auf Druck-, Zug-, Bruchfestigkeit, Wasseraufnahme, Kohäsionsbeschaffenheit, Wetterbeständigkeit, Feuerbeständigkeit, spezifisches Gewicht, Abnutzbarkeit und Härte von künstlichen und natürlichen Steinen, künstlichen Platten, Fliesen, Thon- und Cementröhren, Holz, Xylolith sowie von künstlichen Sandstein- und Pflastersteinproben, wozu die erforderlichen Versuchskörper in sachgemäßer Bearbeitung an die Station eingereicht und, soweit erforderlich, daselbst justiert wurden; ferner 187 Anträge in 10840 Versuchen auf Zug- und Druckfestigkeit, Gewicht, Mahlung, Temperaturerhöhung, Abbindezeit, Volumenbeständigkeit, spezifisches Gewicht, Frostbeständigkeit und Abnutzbarkeit von Cementen, Kalk, Gips, Cement- und Kalkmörteln,

[1]) Die durch Feuer beanspruchten Probekörper wurden auf Zug, Bruch oder Dru

gipsgußprobekörpern, Terranova, Bitumelith ꝛc., für welche die Prüfungsobjekte und Versuchskörper aus den eingereichten Bindemitteln in der Station hergestellt wurden.

Von den bearbeiteten 980 Prüfungsanträgen entfallen

74 Anträge mit 4120 Versuchen auf Reichs- und Staats-Behörden und

906 " " 14229 " " Private.

Die Baumaterialien-Sammlung der Anstalt ist durch viele, aus den Untersuchungen hervorgegangene Versuchskörper bezw. Belagstücke bereichert worden.

Gemäß dem Erlaß der Königlichen Kommission zur Beaufsichtigung der technischen Versuchsanstalten vom 15. März 1892 wurde auf Antrag des Königlichen Ingenieur-Komitees ein zur Theilnahme an den Arbeiten in der Prüfungs-Station kommandirter Ingenieur-Offizier im Sommer-Semester 1892 während eines Zeitraumes von vier Wochen beschäftigt.

Derselbe wurde mit den Zwecken und Arbeiten der Station, sowie den üblichen Untersuchungsmethoden durch Vorträge und Versuche vertraut gemacht.

Außerdem erhielt die Anstalt mehrere Besuche seitens interessirter Vereine und auswärtiger Fachgenossen.

---

2. Ueber die Ausstellung der Versuchsanstalt auf der Weltausstellung zu Chicago im Jahre 1893.

Vom Vorsteher Professor A. Martens.

Auf Anregung der Kommission für die deutsche Ingenieur-Ausstellung auf der Weltausstellung in Chicago 1893 hat der vorgesetzte Herr Minister gestattet, daß die Königliche Prüfungsstation für Baumaterialien sich gemeinsam mit der Königlichen mechanisch-technischen Versuchsanstalt an der Ausstellung betheiligte. Außerdem sind auch sämmtliche bisher erschienenen Jahrgänge der „Mittheilungen" ausgestellt worden.

Die Ausstellung der beiden Anstalten besteht aus einer größeren Anzahl von photographischen Aufnahmen von den Arbeitsräumen der Anstalten, denen zur Erklärung ein Plan von den Gebäuden beigefügt ist. Diese Aufnahmen sind im Format 31 × 37 und 20,5 × 25 cm vom Hofphotographen Albert Schwartz in Berlin gemacht worden. Von der mechanisch-technischen Versuchsanstalt sind außerdem zwei große Tafeln mit Mikrophotographien nach Eisenschliffen ausgestellt worden, die von mir mit den Hülfsmitteln der Anstalt[1]) aufgenommen wurden. Zu dieser Ausstellung ist noch auf einem besonderen Blatt ein ganz kurzer Ueberblick über Zweck, Aufgabe und Organisation der Königlich Preußischen technischen Versuchsanstalten in deutscher, englischer und spanischer Sprache gegeben worden.

Da die vorgenannten Mikrophotographien voraussichtlich weitere Kreise interessiren werden, so sollen auf Tafel IV bis VI die meisten von ihnen zum Abdruck gebracht werden. Es darf wohl als selbstverständlich gelten, daß hier keine systematische Darstellung der Gefügeverhältnisse des Eisens gegeben werden konnte; indessen war man bemüht, nicht allein die Schönheit der Photographien für die Auswahl entscheidend sein zu lassen, sondern soviel die vorhandenen Aufnahmen es gestatteten, wenigstens die auffälligsten Eigenthümlichkeiten der Eisenarten zum Ausdruck zu bringen.

[1]) „Mittheilungen" 1891. S. 278 u. flgd. Heft 6.

Durch den Lichtdruck geht bekanntermaßen ein großer Theil von der Schönheit und Feinheit der Photographie verloren, deswegen sind die einzelnen Figuren neben den fettgedruckten laufenden Nummern an der linken Seite oben auch noch mit der Negativnummer versehen. Hierdurch soll es denjenigen Lesern, die in Besitz von photographischen Abzügen gelangen möchten, ermöglicht werden, sich nach den hier vorhandenen Negativen Abzüge herstellen zu lassen. Unten links neben den Figuren sind in Abkürzung die Umstände aufgeführt, unter denen die photographische Aufnahme geschah; rechts ist die angewendete Vergrößerung eingetragen.

Als Mittelpunkte sind auf jeder der beiden ausgestellten Tafeln Aufnahmen von Spiegeleisenschliffen gebracht, die bei etwa 4 m Abstand der matten Scheibe bei $\frac{350}{1}$ mit dem Objektiv f (aa von Carl Zeiß in Jena) unter Benutzung des Projektionsokulars 2 aufgenommen sind und einen Bilddurchmesser von 200 mm besitzen. Auch diese Aufnahmen sind bis zum Rande noch ziemlich scharf ausgefallen. Diese Bilder sind hier nicht mit veröffentlicht worden, weil sie zu viel Raum beanspruchen würden. Zu bemerken ist übrigens, daß die meisten der auf Tafel IV bis VI gegebenen runden Bilder auf wesentlich kleineren Durchmesser beschnitten werden mußten, als er für die ausgestellten Bilder benutzt worden ist. Die Beschreibungen der einzelnen Figuren sind auf die Tafeln gedruckt.

---

3. Amtliche Gutachten aus der Abtheilung für Papierprüfung.

Vom Abtheilungsvorsteher W. Herzberg.

Wie bereits in den verschiedenen jährlich in den „Mittheilungen" veröffentlichten Berichten über die Thätigkeit der Versuchsanstalt erwähnt ist, wurden im Auftrage von Gerichtsbehörden mehrfach Gutachten über die Beschaffenheit von Papier abgegeben, die theils dazu dienen sollten, Streitigkeiten zwischen Lieferanten und Empfängern zu schlichten, theils in Strafverfahren ein Glied in der Kette der Beweisführung zu bilden. Da diese Gutachten immer nur den direkt an der Sache Betheiligten zugänglich sind, sie andererseits aber auch Dinge behandeln, welche für weitere Kreise von Interesse sind, so mögen im Nachfolgenden einige dieser Fälle besprochen werden.

I. In einer Strafsache wünschte die Staatsanwaltschaft ein Gutachten bezüglich der Uebereinstimmung verschiedener Papiersorten untereinander. Der Sachverhalt war kurz folgender.

Verschiedene Personen hatten Briefe erhalten, die, nach der Handschrift und dem Inhalt zu urtheilen, anscheinend von ein und derselben Person herrührten; der Verdacht lenkte sich bald auf eine bestimmte Persönlichkeit, bei welcher man unbeschriebenes Papier vorfand, das dem zu den Briefen benützten äußerlich sehr ähnlich war; es sollte nun durch eine Untersuchung festgestellt werden, ob das Papier der Briefe, von denen vier Exemplare eingereicht wurden, mit der unbeschriebenen Probe übereinstimmte.

Da die zu den Briefen benutzten Stücke klein waren, so konnte sich die Prüfung nur auf die Feststellung der Dicke, des Stoffgehaltes und des Aschengehaltes erstrecken.

Die gewonnenen Versuchs-Ergebnisse sind nachstehend zusammengestellt.

Zusammenstellung der Versuchs-Ergebnisse.

Laufende Nr.	Probe	Farbe	Durchsicht	Glätte	Stoffzusammensetzung	Aschengehalt in %	Dicke in mm
1	1ter Brief	gelblich	schwach wolkig	geglättet	Strohcellulose, Holzschliff, Holzcellulose, Leinen und geringe Mengen Baumwolle	22,45	0,097
2	2ter Brief	"	"	"	Strohcellulose, Holzschliff, Holzcellulose, Leinen und geringe Mengen Baumwolle	21,76	0,092
3	3ter Brief	"	gleichmäßig	"	Holz- und Strohcellulose	11,11	0,083
4	4ter Brief	"	"	"	Holz- und Strohcellulose	11,60	0,084
5	Unbeschriebene Probe	"	schwach wolkig	"	Strohcellulose, Leinen und Baumwolle	1,96	0,078

Auf Grund dieser Ergebnisse konnte ausgesprochen werden, daß die beiden Proben 1 und 2 sowie 3 und 4 untereinander übereinstimmende Ergebnisse lieferten, daß diese beiden Gruppen jedoch untereinander wesentlich verschieden waren und daß beide mit dem unbeschriebenen Blatt durchaus keine Uebereinstimmung zeigten.

II. In einem Civilprozeß verlangte das zuständige Gericht ein Gutachten darüber, ob das einer Firma gelieferte braune Packpapier genau dem bei der Bestellung eingereichten Muster „in der Qualität beziehungsweise der Festigkeit entspreche".

Die mit dem Muster und der Lieferung ausgeführte Untersuchung lieferte folgende Ergebnisse:

Zusammenstellung der Versuchs-Ergebnisse.

Laufende Nr.	Probe	Farbe	Durchsicht	Glätte	Mittlere Reißlänge in m	Mittlere Bruchdehnung in %	Stoffzusammensetzung	Aschengehalt in %	Gewicht auf das qm in g
1	Muster	braun	wolkig	einseitig geglättet	3930	2,2	Holzcellulose, geringe Mengen Leinen, Baumwolle, Strohcellulose, Zusatz Holzschliff	9,70	56,3
2	Lieferung	"	"	"	3150	1,6	Holzschliff und Holzcellulose	7,35	52,0

Das Prüfungs-Ergebniß zeigt, daß zur Herstellung des Musters durchschnittlich Rohstoffe besserer Art verwendet wurden als bei der Lieferung; während ersteres zum größten Theil aus Holzcellulose besteht, ferner Leinen-, Baumwollfasern und Strohcellulose, wenn auch in geringen Mengen, enthält und nur einen mäßigen Zusatz von Holzschliff aufweist, sind in der Lieferung keine Lumpenfasern (Leinen und Baumwolle) vorhanden und der Gehalt an Holzschliff ist etwa doppelt so groß als beim Muster.

Nach dem mikroskopischen Bilde und im Vergleich mit Papieren von bekanntem Holzschliffgehalt zu urtheilen enthält das Muster etwa 20—30 %, die Lieferung etwa 50—60 % Holzschliff; wenn nun letztere auch 2,35 % erdige Bestandtheile weniger enthält als ersteres, so erscheint dies doch nicht geeignet, den ziemlich erheblichen Unterschied hinsichtlich der verwendeten Faserstoffe auszugleichen.

Die Festigkeit sowohl wie die Dehnung der Lieferung ist geringer als die des Musters; bei letzterem ist die Reißlänge um 780 m und die Bruchdehnung um 0,6 % größer als bei ersterer. Wenn auch diese Unterschiede an sich nicht sehr bedeutend sind, so fallen sie doch im Hinblick auf die geringe Festigkeit des vorliegenden Papiers überhaupt ins Gewicht.

Nach Vorgesagtem konnte das Urtheil nur dahin abgegeben werden, daß die Lieferung dem vorgelegten Muster in der Qualität beziehungsweise der Festigkeit nicht genau entspricht.

III. Das von einer Papierfabrik einer Handlung gelieferte Zeitungsdruckpapier sollte nach Ansicht der Letzteren der bei der Bestellung vorgelegten Probe nicht entsprechen; der Fabrikant bestritt dies, und in dem von ihm angestrengten Prozeß forderte das Gericht ein Gutachten darüber, ob die Lieferung mit der Probe übereinstimmt, oder ob die Lieferung nicht probegemäß geschehen ist und in Abweichung von der Probe dieser namentlich an Güte, Festigkeit und Griff nicht gleichkomut, sondern weich und mürbe, beziehungsweise welk erscheint.

Die mit den beiden Sorten erhaltenen Versuchs-Ergebnisse sind nachfolgend zusammengestellt.

Zusammenstellung der Versuchs-Ergebnisse.

Laufende Nr.	Probe	Farbe	Durchsicht	Glätte	Mittlere Reißlänge in m	Mittlere Bruchdehnung in %	Widerstand gegen Zerknittern und Reiben	Stoffzusammensetzung	Aschengehalt in %	Leimfestigkeit
1	Muster	bläulichweiß	wolkig	nicht geglättet	2550	2,1	gering	Holzcellulose, Holzschliff, geringe Mengen Baumwolle u. Leinen	17,0	nicht leimfest
2	Lieferung	"	"	"	2550	1,7	"	desgl.	17,4	"

Wie diese Zusammenstellung zeigt, sind beide Papiere aus Holzcellulose, Holzschliff, geringen Mengen Baumwolle und Leinen hergestellt, und zwar, wie das mikroskopische Bild erkennen ließ, auch aus ungefähr je gleichen Mengen der einzelnen Faserarten; beide Papiere enthielten etwa

50 % Holzcellulose,
40 % Holzschliff und
10 % Lumpen (Leinen und Baumwolle).

Auch der Zusatz an Füllstoffen (Aschengehalt) ist bei beiden als gleich hoch anzusehen, denn der Unterschied von 0,4 % kommt im Hinblick auf die während der Fabrikation eines Papiers unvermeidlichen Schwankungen nicht in Betracht.

Die Ergebnisse der Festigkeitsprüfungen weichen nur bezüglich der Bruchdehnung um 0,4 % von einander ab; auch dieser Unterschied muß mit Rücksicht darauf, daß solche Abweichungen bei Streifen vorkommen können, welche nebeneinander aus einem Bogen entnommen sind, als unvermeidlich bezeichnet werden.

Die mit dem Ausdruck des Beweisbeschlusses „weich und mürbe, beziehungsweise welk" gemeinten Eigenschaften dürften sich mit der Festigkeit, Dehnbarkeit und dem Verhalten des Papieres gegen Zerknittern und Reiben decken.

Ueber den sogenannten „Griff" der P[illegible]ichts aussagen, da die Lieferung ganz neues, ungebrauchtes Material dar[illegible] bereits durch viele Hände gegangen war und infolgedessen etwa[illegible]

Nach Vorgesagtem konnte das Urtheil dahinlautend abgegeben werden, daß die Lieferung sowohl bezüglich der verwendeten Rohmaterialien als auch der Festigkeitseigenschaften mit dem Muster übereinstimmt.

IV. Zwischen zwei Papierhandlungen war es zu einem Prozeß gekommen, in welchem das Gericht ein Gutachten darüber einforderte, „ob die beiden der einen Handlung gelieferten Sendungen Papier in ihrer chemischen Zusammensetzung dem Bestellmuster entsprechen." Wegen der geringen Menge des von dem Bestellmuster zur Verfügung stehenden Materials konnte nur eine vergleichende mikroskopische Untersuchung zur Feststellung der Faserstoffe und eine Bestimmung der Menge der Füllstoffe im Papier vorgenommen werden.

Die bei der Untersuchung gewonnenen Ergebnisse sind nachfolgend zusammengestellt.

Zusammenstellung der Versuchs-Ergebnisse.

Laufende Nr.	Probe	Farbe	Glätte	Durchsicht	Stoffzusammensetzung	Aschengehalt in %
1	Bestellmuster	weiß	geglättet	schwach wolkig	Leinen, Zusatz Baumwolle	7,61
2	I. Lieferung	"	schwach geglättet	"	desgl.	9,55
3	II. Lieferung	"	"	"	desgl.	9,94

Die drei Proben sind also sämmtlich aus Leinen- und Baumwollfasern unter Zusatz mineralischer Füllstoffe hergestellt worden. Nach dem mikroskopischen Bilde zu urtheilen enthält die Bestellprobe etwas mehr Baumwolle als die Lieferung I und diese wieder etwas mehr als die Lieferung II.

In dem Gehalt an Füllstoffen weichen die beiden Lieferungen etwas von der Bestellprobe ab; während letztere 7,61 % unverbrennliche Bestandtheile aufweist, hat Lieferung I deren 9,55 % und Lieferung II 9,94 %. Jedoch ist zu bemerken, daß infolge der verschiedenartigsten Einflüsse während der Fabrikation eines Papiers Schwankungen in der Zusammensetzung desselben eintreten können, die nicht immer zu vermeiden sind.

Die Abweichungen der vorliegenden drei Papiere sowohl bezüglich der Menge der einzelnen Faserstoffe als auch der Füllstoffe sind wohl auf diese Schwankungen zurückzuführen, und es wurde daher das Gutachten wie folgt abgegeben: Im Hinblick auf die bekannten, nicht immer zu vermeidenden Schwankungen bei der Fabrikation von Papier müssen die beiden Lieferungsproben als in ihrer Zusammensetzung der Bestellprobe entsprechend bezeichnet werden.

V. Eine Papierfabrik lieferte einer Handlung zwei Posten Packpapier, von denen der erste im Januar gelieferte für gut befunden, der zweite im Dezember gelieferte indessen beanstandet wurde; es wurde behauptet, daß die Dezember-Lieferung von wesentlich geringerer Festigkeit und Haltbarkeit sei als die Januar-Lieferung und daß die erstere mineralische Beschwerungsstoffe wie Thon, Gips, Schwerspath etc. enthalte, die letztere nicht.

Da eine gütliche Einigung nicht erzielt wurde, so kam die Sache vor Gericht zum Austrag und letzteres forderte über den streitigen Punkt ein Gutachten seitens der Versuchsanstalt.

Vergleichende Festigkeitsversuche konnten nicht angeführt werden, weil die Probe der Januar-Lieferung hierfür nicht ausreichte; über die Festigkeit konnte also nichts ausgesagt werden. Falls sich, wie angenommen wurde, der Begriff „Haltbarkeit" mit „Festigkeit"

decken soll, so gilt für ihn naturgemäß das Vorgesagte. Soll aber „Haltbarkeit" soviel bedeuten wie „Dauerhaftigkeit", so ist zu bemerken, daß diese im allgemeinen nicht durch Untersuchungsmethoden, sondern nur durch die Beobachtung der Widerstandsfähigkeit des Papiers gegen den Einfluß der Zeit festgestellt werden kann, vorausgesetzt, daß das Papier nicht etwa aus Stoffen, wie z. B. Holzschliff, hergestellt ist, von dem bereits feststeht, daß er keine große Dauerhaftigkeit besitzt.

Die Bestimmung des Aschengehaltes lieferte folgende Ergebnisse:

Laufende Nr.	Probe	Aschengehalt in %	Farbe der Asche
1	Januar-Lieferung	4,01	weiß
2	Dezember-Lieferung	12,67	ziegelroth

Aus dieser Zusammenstellung geht hervor, daß die Dezember-Lieferung unter Zusatz mineralischer Füllstoffe hergestellt ist, die Januar-Lieferung indessen nicht; wenn auch der Aschengehalt der Januar-Lieferung für ein ohne Zusatz von Füllstoffen gearbeitetes Papier etwas hoch erscheint, da bei unbeschwerten Papieren die unverbrennlichen Rückstände im allgemeinen weniger als 3 % ausmachen, so muß man doch nicht außer Acht lassen, daß zu Packpapieren gewöhnlicher Art, und um solche handelt es sich hier, häufig stark verunreinigte Rohmaterialien verarbeitet werden, die den Aschengehalt wohl um 1 % erhöhen können.

Die Verschiedenheit der beiden Lieferungen geht auch aus der verschiedenen Färbung der Asche hervor, welche bei der Januar-Lieferung weiß, bei der Dezember-Lieferung indessen ziegelroth ist.

Die Behauptung des Empfängers, soweit sie sich auf den Gehalt an Füllstoffen bezieht, erwies sich daher als zutreffend.

VI. Bei einer Lieferung von rothem Löschpapier kam es zwischen der liefernden Fabrik und der Bestellerin, einer Handlungsfirma, zu Zwistigkeiten. Das Papier sollte nach einem der Fabrik übergebenen Muster hergestellt werden, wobei vereinbart wurde, daß das zu liefernde feine rosa Löschpapier in der Färbung dem vorgelegten Muster möglichst entsprechen soll, jedoch vorbehaltlich kleiner Abweichungen in der Färbung.

Die Empfängerin behauptete nun, daß die Lieferung namentlich hinsichtlich der Färbung der bei der Bestellung vorgelegten Probe nicht entspricht. Ueber die Behauptung wurde unter Ueberreichung der Bestellprobe und eines Theils der Lieferung von der Versuchsanstalt ein Gutachten eingefordert.

Die beiden Papiere zeigten zunächst im Aussehen einige Verschiedenheit, indem das Bestellmuster einen feurigen, die Lieferung einen matten rosafarbenen Ton zeigten.

Um weitere Anhaltspunkte zur Beurtheilung zu gewinnen, wurden kleine Ausschnitte vom Muster und der Lieferung mit verschiedenen Reagentien gleichartig behandelt und die Erscheinungen festgestellt, welche sich sowohl an dem Papier als an der verwendeten Lösung beobachten ließen.

Die Farbe der Lösung wurde beurtheilt, nachdem letztere von der Papierprobe abgegossen war; das Papier wurde dann mit destillirtem Wasser ausgewaschen, getrocknet und darauf mit der ursprünglichen, nicht behandelten Probe verglichen.

Die gemachten Beobachtungen sind nachfolgend zusammengestellt.

Einfluß verschiedener Reagentien auf Muster und Lieferung.

Laufende Nr.	Probe	Essigäther		Absoluter Alkohol		Aether		Wasser	
		Papier	Lösung	Papier	Lösung	Papier	Lösung	Papier	Lösung
1	Bestell-Muster	unverändert	farblos	unverändert	schwach rosafarben	fast unverändert	schwach rosafarben	fast unverändert	schwach rosafarben, grüne Fluorescenz
2	Lieferung	unverändert	schwach gelblich	erheblich heller	lebhaft karminroth	erheblich heller	lebhaft karminroth	erheblich heller	schwach gelblich, mit einem Stich ins Röthliche

Laufende Nr.	Probe	Verdünnte Natronlauge		Ammoniakwasser (5 %)		Verdünnte Salzsäure		Verdünnte Salpetersäure	
		Papier	Lösung	Papier	Lösung	Papier	Lösung	Papier	Lösung
1	Bestell-Muster	schwach violett	violett	fast unverändert	schwach rosafarben, grüne Fluorescenz	etwas heller	gelblich	etwas heller	farblos
2	Lieferung	hell lachsfarben	schwach gelblich	etwas heller	schwach gelblich	grau, mit einem Stich ins Röthliche	schwach rosafarben	hell lachsfarben	schwach rosafarben

Laufende Nr.	Probe	Verdünnte Schwefelsäure		Konzentrirte Essigsäure		Verdünntes Chlorwasser		Schwefelammonium (gelb)	
		Papier	Lösung	Papier	Lösung	Papier	Lösung	Papier	Lösung
1	Bestell-Muster	etwas heller	schwach gelblich	etwas heller	gelblich	etwas ausgebleicht	farblos	unverändert	gelb
2	Lieferung	grau, mit einem Stich ins Röthliche	schwach rosafarben	erheblich heller	lebhaft karminroth	schwach bräunlich	farblos	erheblich heller	gelb

Das Bestellmuster zeigt sich also bei der Behandlung mit verschiedenen Reagentien erheblich widerstandsfähiger als das Papier der Lieferung, wie aus der vorstehenden Tabelle ersichtlich ist; besonders zeigt sich der Unterschied bei der Behandlung mit absolutem Alkohol, Aether, Wasser und Schwefelammonium; hierbei bleibt das Muster ganz oder nahezu ganz unverändert, während der Farbton der Lieferung sich erheblich verändert; Aether und Alkohol färben sich bei der Behandlung des Musters schwach rosafarben, während diese Mittel aus der Lieferung soviel Farbstoff ausziehen, daß sie lebhaft karminroth gefärbt erscheinen.

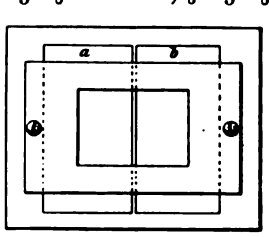


Fig. 1.

Ferner wurden vergleichende Versuche bezüglich der Lichtbeständigkeit von Probe und Lieferung ausgeführt. Zu diesem Zweck wurde je ein Stück der Probe und Lieferung nebeneinander gelegt, mit einem Ausschnitt versehenes Blech (vergl. Fig. 1) theilweise verdeckt und dem Licht ausgesetzt.

Zunächst wirkte etwa sechs Stunden lang direktes Sonnenlicht ein, dann weitere [illegible] mit Unterbrechung zerstreutes Tageslicht.

Nach der sechsstündigen Belichtung im direkten Sonnenlicht war bei dem Bestellmuster kaum eine Veränderung im Farbton wahrzunehmen; der der Sonne ausgesetzte Theil zeigte sich nur ganz wenig heller als der bedeckte Abschnitt.

Bei der Lieferung machte sich der Einfluß der Sonne erheblich mehr bemerkbar; der dem Licht ausgesetzte Theil war stark verschossen, seine Farbe war aus dem Roth ins Graubläuliche übergegangen.

Nach weiterer Belichtung im zerstreuten Tageslicht zeigte sich keine weitere merkliche Aenderung des Farbtons mehr.

Also nicht nur bei der Behandlung mit verschiedenen Reagentien, sondern auch bei der Belichtung durch direktes Sonnenlicht zeigt sich das Muster erheblich widerstandsfähiger als die Lieferung; die Bestellprobe ist also lichtechter als die Lieferung.

Auf Grund dieser Beobachtungen wurde folgendes Gutachten abgegeben:

Das von der Fabrik der Handlung gelieferte Löschpapier entspricht hinsichtlich der **Färbung** nicht dem von der Handlung vorher der Fabrik übergebenen Bestellmuster, und es ist daher mit Rücksicht auf die Vereinbarung, daß das zu liefernde feine rosa Löschpapier in der Färbung dem Muster der Handlung möglichst entsprechen soll, jedoch vorbehaltlich **kleiner** Abweichungen in der Färbung, **nicht** als vertragsmäßig zu erachten.

VII. Gelegenlich einer Lieferung von Notenschreibpapier kam es zwischen dem Lieferanten und dem Abnehmer zu Streitigkeiten, indem letzterer behauptete, daß das Papier nicht dem bei der Bestellung vorgelegten Probebogen entspreche; es sei vielmehr schlecht geleimt und eigne sich keineswegs zum Schreiben von Noten. Der Lieferant hingegen behauptete, die Lieferung sei durchaus probemäßig, insbesondere nicht mangelhaft geleimt gewesen. Die Versuchsanstalt wurde in dieser Angelegenheit als Sachverständige befragt und ihr Abschnitte des Probemusters und der Lieferung zur Vergleichung eingeschickt.

Eine vollständige Prüfung, welche sich auf die Festigkeitseigenschaften und die Stoffzusammensetzung des Papiers erstreckt hätte, konnte infolge des mangelhaften Zustandes der zur Verfügung stehenden Abschnitte nicht ausgeführt werden; es wurden vielmehr nur die aus nachfolgender Zusammenstellung ersichtlichen Prüfungen vorgenommen.

Prüfungs-Ergebnisse.

Laufende Nr.	Probe	Farbe	Glätte	Durchsicht	Dicke in mm	Gewicht des Quadratmeters in g	Stoffzusammensetzung	Aschengehalt in g	Leimfestigkeit
1	Bestell-Muster	weiß	geglättet	gleichmäßig	0,128	120,8	Baumwolle und Leinen	7,75	leimfest
2	Lieferung	"	"	"	0,120	112,9	Baumwolle und Leinen	7,44	"

Soweit man aus diesen Ergebnissen ersehen kann, weichen Muster und Lieferung nicht wesentlich von einander ab.

Die geringen Unterschiede, welche beim Aschengehalt, dem Gewicht des Quadrameters und bei der Dicke ersichtlich sind, kommen nicht in Betracht, da sie als unvermeidliche Schwankungen in der Fabrikation anzusehen sind.

Bei der Prüfung auf Leimfestigkeit **mit Hülfe** der Leonhardischen Methode zeigten beide Sorten gleiches Verhalten; **die Eisenchloridtropfen, welche 20 Minuten und weniger**

einwirkten, schlugen weder bei der Probe noch bei der Lieferung durch; bei einer Einwirkungsdauer von 25 Minuten drang die Eisenlösung durch beide Papiere hindurch.

Auch Schreibversuche, welche auf der Probe und der Lieferung ausgeführt wurden, ließen zwischen beiden keinen wesentlichen Unterschied erkennen.

Ob der Grad der Leimfestigkeit, der nach der Leonhardischen Prüfungsmethode für Schreibpapier vollständig ausreicht, auch für Notenschreibpapier genügt, konnte nicht entschieden werden, da es zur Zeit noch an Festsetzungen darüber fehlt, bis zu welchem Grade Notenpapier geleimt sein muß.

Es mußte daher das Urtheil dahin abgegeben werden, daß die Lieferung im wesentlichen dem Probebogen entspricht.

Im weiteren Verlauf der Klage schickte das Gericht noch einige weitere, besser erhaltene Bogen der Lieferung zur ferneren Begutachtung darüber ein, ob das gelieferte Papier reines Hadernpapier mit extrafester Leimung sei, beziehungsweise als „feinstes Hadernpapier-Noten-Schreibpapier extrafest" zu bezeichnen sei.

Eine Prüfung dieses Papiers lieferte folgende Ergebnisse:

Prüfungs-Ergebnisse.

Probe	Farbe	Glätte	Durchsicht	Mittlere Reißlänge m	Mittlere Dehnung %	Widerstand gegen Zerknittern und Reiben	Stoffzusammensetzung	Aschengehalt %	Leimfestigkeit
Lieferung	weiß	geglättet	gleichmäßig	2850	2,9	sehr gering	Baumwolle und Leinen	6,11	leimfest

Hieraus geht hervor, daß man das vorliegende Papier als reines Hadernpapier nicht bezeichnen kann, weil zu seiner Herstellung auch noch mineralische Füllstoffe verwendet worden sind. Man wird ein Schreibpapier nur dann als reines Hadernpapier bezeichnen können, wenn es ausschließlich aus Lumpen (Leinen, Hanf und Baumwolle) hergestellt ist und höchstens 3 % Asche enthält.

Ob der Grad der Leimung die Bezeichnung „extrafest" rechtfertigt, konnte nicht entschieden werden, da dieser Begriff ein ganz unbestimmter ist und von der subjektiven Anschauung des Einzelnen abhängt.

Auch mit Bezug auf die Festigkeitseigenschaften eines Papiers fehlt es diesem Begriff an einer festbegründeten Definition. Trotzdem kann aber wohl im vorliegenden Falle das Papier keinesfalls als „extrafest" bezeichnet werden, weil die Werthe für Reißlänge und Bruchdehnung sehr niedrig sind und zugleich nur ein sehr geringer Widerstand gegen Zerknittern und Reiben vorhanden ist.

Ob das Papier als „feinstes Notenschreibpapier" zu bezeichnen ist, konnte nicht ausgesagt werden, da es wie bereits früher gesagt, zur Zeit noch an bestimmten Festsetzungen bezüglich der Eigenschaften eines Notenschreibpapiers fehlt.

Nach dem Vorgesagten wurde das Gutachten wie folgt abgegeben:

Das untersuchte Papier ist kein reines Hadernpapier; ob seine Leimung als extrafest und ob es ferner als feines Notenschreibpapier zu bezeichnen ist, kann nicht ausgesprochen werden; als extrafestes Papier ist es nicht anzusehen.

Wenn auch die Anzahl der oben mitgetheilten Gutachten zu gering ist, um aus den hierbei gemachten Erfahrungen weitgehende Schlußfolgerungen ziehen zu können, so scheint aus ihnen doch hervorzugehen, daß sowohl Fabrikanten bei der Herstellung von Papier nach einem vorgelegten Muster, als auch Empfänger bei der Zurückweisung einer nach Muster gelieferten Sendung nicht immer mit der nöthigen Vorsicht zu Werke gehen.

Ein vorsichtiger Fabrikant sollte einen Auftrag, welcher „genau nach Muster" auszuführen ist, überhaupt nicht annehmen, denn ein solcher ist so gut wie unausführbar, und der Empfänger dürfte, wenn er darauf ausgeht, in den meisten Fällen Anhaltspunkte finden, welche gegen die Abmachung „genau nach Muster" verstoßen. Es sollte daher immer ein gewisser Spielraum vereinbart werden, denn selbst mit diesem ist eine zufriedenstellende Anfertigung immer noch mit Schwierigkeiten verknüpft. Auf alle Fälle aber erscheint es nothwendig, bei einer Anfertigung nach Probe letztere zunächst erst einer ganz eingehenden Prüfung zu unterziehen, denn sonst hat man ja weder für die Kalkulation noch für die Fabrikation den geringsten Anhalt.[1]) Kann der Fabrikant eine derartige Prüfung selbst nicht vornehmen, so wird er gut thun, sich an einen Sachverständigen zu wenden; die hierfür zu zahlenden Kosten stehen selten im Verhältniß zu den unangenehmen Folgen, welche eine nicht probemäßige Lieferung nach sich ziehen kann. Wäre in den vorgeschilderten Fällen II, V und VI in der Weise verfahren, so wäre voraussichtlich das unangenehme Nachspiel einer gerichtlichen Auseinandersetzung erspart worden.

Soweit es möglich ist, sollte man bei der Aufstellung von Lieferungsbedingungen nicht die Lieferung nach Muster bedingen, sondern statt dessen die Forderungen in bestimmter Weise festsetzen, die man an die zu liefernde Waare bezüglich ihrer Stoffzusammensetzung, Festigkeit ꝛc. stellt. Vor allen Dingen aber sollte man bei Abschlüssen die ganz allgemein gehaltenen Bestimmungen wie „extrafest", „haltbar", „extrafest geleimt" ꝛc. gänzlich vermeiden, da sie zu dehnbar sind und der subjektiven Auffassung einen zu weiten Spielraum gewähren.

Für die Behauptung, daß auch die Empfänger von Papierlieferungen bei der Beanstandung der Waare nicht immer sachgemäß vorgehen, liefern die Fälle III und IV Beispiele; auch hier hätte noch die Meinungsverschiedenheit gütlich beigelegt werden können, wenn der Empfänger der Waare sich vor der Zurückweisung derselben durch eine genaue Prüfung von dem wahren Sachverhalt überzeugt hätte. Durch Einholung eines Sachverständigen-Gutachtens hätte er sich auch von vornherein ein annäherndes Urtheil bilden können, ob ein etwaiger Prozeß zu seinem Vortheil ausschlagen würde oder nicht, denn nur in den allerseltensten Fällen wird der Richter in der Lage sein, bei Streitigkeiten über die Eigenschaften eines Papiers allein eine Entscheidung zu treffen; er wird das Gutachten von Sachverständigen einholen und sein Urtheil auf dieses gründen.

Sollte es da nicht zweckmäßiger sein, wie es ja auch schon theilweise geschieht, den oft langwierigen und kostspieligen gerichtlichen Weg zur Austragung von Streitigkeiten auf diesem Gebiete überhaupt zu vermeiden und sich von vornherein dem Urtheilsspruch eines aus wissenschaftlichen und praktisch gebildeten Sachverständigen zusammengesetzten Schiedsgerichtes zu unterwerfen?

[1]) Ich verweise mit Bezug hierauf auf einen in dem „Wochenblatt für Papierfabrikation" 1893 Nr. 41 und in der Papier-Zeitung 1893 Nr. 83 erschienenen, zur Ausbildung unserer Papiertechniker überschriebenen und offenbar aus Papierfabrikantenkreisen herrührenden Artikel, in dem gerade dieser Punkt in seiner Bedeutung für den Fabrikanten von der praktischen Seite beleuchtet wird.

4. Normalpapiere mit Wasserzeichen.

Vom Abtheilungsvorsteher W. Herzberg.

Die „Vorschriften für die Lieferung und Prüfung von Papier zu amtlichen Zwecken", welche am 1. Januar 1893 in Kraft getreten sind, wurden bekanntlich bereits am 17. November 1891 erlassen. Die Bekanntgabe erfolgte so zeitig, damit die Industrie sich vorher genügend mit den neuen Verhältnissen vertraut machen und insbesondere auf die Herstellung des verlangten Wasserzeichens einrichten konnte und ferner, um die Möglichkeit des Verkaufes der Vorräthe an Normalpapieren ohne Wasserzeichen zu gewähren.

Einige Firmen begannen nun schon im Jahre 1891 mit der Herstellung von Wasserzeichen-Papieren, und eine Reihe solcher Papiere ist auch in dem genannten Jahre bereits zur Untersuchung gelangt.

Ueber die hierbei gemachten Erfahrungen ist in Heft 2 der „Mittheilungen" 1892 Seite 77 ausführlich berichtet worden. Hier mag nur kurz wiederholt werden, daß von den untersuchten 35 Papieren 31 oder 88,6 % die durch das Wasserzeichen gewährleisteten Eigenschaften besaßen und 4 oder 11,4 % nicht. Wendet man auf diese 4 Papiere die Bestimmung des § 4 der „Vorschriften" an, nach welchen die mit vorschriftsmäßigem Wasserzeichen versehenen Normalpapiere in ihrer Reißlänge um höchstens 10 % und in ihrer Dehnbarkeit ebenfalls um höchstens 10 % nach unten hin von den verlangten Werthen abweichen können, so ergiebt sich, daß von 35 untersuchten Papieren 33 oder 94,3 % die durch das Wasserzeichen gewährleisteten Eigenschaften besaßen und 2 oder 5,7 % nicht. Die Abweichung der Eigenschaften der beiden letzten Papiere gegen die verbürgten Werthe war eine verhältnißmäßig geringfügige; das eine hatte einen um 0,5 % zu hohen Aschengehalt und das zweite blieb im Widerstand gegen Zerknittern und Reiben um eine Stufe zurück. Im Ganzen müssen also die gewonnenen Ergebnisse als günstig bezeichnet werden.

Im Jahre 1892 gelangte natürlich eine weit größere Anzahl von Wasserzeichenpapieren zur Untersuchung als im Jahre 1891 und die mit ihnen gemachten Erfahrungen sind in nachstehender Tabelle zusammengestellt; die Namen der Erzeuger des Papiers, die auch meist die Antragsteller waren, sind selbstverständlich nicht aufgeführt.

I. Papiere, bei welchen bessere Eigenschaften erreicht wurden, als das Wasserzeichen gewährleistete.

A.	Bezüglich der Stoff- und Festigkeitsklasse	1 Papier =	0,53 %	Zusammen 37 Papiere = 19,79 %.
B.	" " Stoffklasse	7 Papiere =	3,75 "	
C.	" " Festigkeitsklasse . . .	29 " =	15,51 "	

II. Papiere, bei welchen die durch das Wasserzeichen gewährleisteten Eigenschaften vorhanden waren.

110 Papiere = 58,82 %

Summe: 147 Papiere = 78,61 %.

III. Papiere, bei welchen die durch das Wasserzeichen gewährleisteten Eigenschaften nicht vorhanden waren.

A.	Bezüglich der Festigkeitsklasse . . .	31 Papiere =	16,58 %	Zusammen 40 Papiere = 21,39 %.
B.	" " Stoffklasse	8 " =	4,28 "	
C.	" " Stoff- und Festigkeitsklasse	1 Papier =	0,53 "	

Gruppe I enthält also 37 Papiere = 19,79 %, bei welchen bessere Eigenschaften erreicht waren, als das Wasserzeichen gewährleistete.

Gruppe II enthält 110 Papiere = 58,82 %, bei welchen die durch das Wasserzeichen gewährleisteten Eigenschaften vorhanden waren.

Im Ganzen genügten also im Jahre 1892: 147 Papiere = 78,61 % den im Wasserzeichen angegebenen Verwendungsklassen.

Gruppe III enthält 40 Papiere = 21,39 %, bei welchen die durch das Wasserzeichen gewährleisteten Eigenschaften nicht vorhanden waren.

Wendet man auf die 40 Papiere der Gruppe III die oben erwähnte Bestimmung des § 4 der „Vorschriften für die Lieferung und Prüfung von Papier zu amtlichen Zwecken" an, so ergiebt sich im Ganzen folgende Uebersicht:

I. Es hatten bessere Eigenschaften, als im Wasserzeichen gewährleistet: 37 Papiere = 19,79 %
II. " " Eigenschaften, wie sie das Wasserzeichen gewährleistet: 126 " = 67,38 %
III. " " schlechtere Eigensch., als im Wasserzeichen gewährleistet: 24 " = 12,83 %

Das Ergebniß stellt sich also dann noch um 8,56 % günstiger, und von insgesammt 187 Papieren besaßen 163 oder 87,17 % die durch das Wasserzeichen gewährleisteten Eigenschaften und 24 oder 12,83 % nicht.

Ueber die Art der Abweichungen dieser 12,83 % von den verbürgten Eigenschaften giebt die Zusammenstellung auf Seite 259 Aufschluß.

Von den 24 Papieren, welche nicht genügten, verstieß also 1 Papier = 4,2 % sowohl gegen die Stoff- und Festigkeitsklasse, 8 Papiere = 33,3 % verstießen gegen die Stoffklasse und 15 Papiere = 62,5 % gegen die Festigkeitsklasse.

Die Verstöße sind, wie die Zusammenstellung näher zeigt, fast durchweg leichter Natur. Es sind meist geringe Abweichungen hinsichtlich der Festigkeitswerthe, geringe Ueberschreitungen hinsichtlich des zugelassenen Aschengehaltes und ein zu hoher Gehalt an Cellulose bei Papieren der Stoffklasse II.

Als ernste Fälle könnte man wohl nur die unter Nr. 2 und Nr. 12 bezeichnen; im ersteren Fall enthält ein Standesamtspapier, das zu Stoffklasse I gehören soll, Strohcellulose und im letzteren war bei einem Kanzleipapier der Widerstand gegen Zerknittern und Reiben nur „sehr gering", während er „ziemlich groß" sein sollte.

Hinsichtlich der Verstöße gegen die gewährleisteten Eigenschaften ist also ein bessernder Einfluß des Wasserzeichens unverkennbar, denn die in den Jahren 1889—92 gelieferten Normalpapiere ohne Wasserzeichen zeigen erheblich gröbere Abweichungen, als in früheren Abhandlungen gezeigt wurde („Mittheilungen" 1892 Heft 3 Seite 108 und 1893 Heft 1 Seite 1).

Vergleicht man die im Jahre 1892 bei den Papieren ohne Wasserzeichen gemachten Erfahrungen mit den bei Papieren mit Wasserzeichen erzielten, so ergiebt sich folgende Uebersicht:

Im Jahre 1892 untersuchte Papiere	Anzahl	Besser geliefert als verlangt %	Geliefert wie verlangt %	Schlechter geliefert als verlangt %	Den Bedingungen genügten %	Den Bedingungen genügten nicht %
Ohne Wasserzeichen	359	19,2	52,4	28,4	71,6	28,4
Mit dem Wasserzeichen der Verwendungsklasse	187	19,79	67,38	12,83	87,17	12,83

Zusammenstellung über die Abweichungen, welche die im Jahre 1892 untersuchten Wasserzeichenpapiere gegen die gewährleisteten Eigenschaften zeigten.

Laufende Nr.	Art des Papiers	Wasserzeichen unter Fortlassung der Firma	Eigenschaften: Durch Wasserzeichen gewährleistet: Stoffklasse	Durch Wasserzeichen gewährleistet: Festigkeitsklasse	Vorhanden: Stoffklasse	Vorhanden: Festigkeitsklasse	Abweichungen hinsichtlich des Stoffgehaltes	Aschengehalt größer als gewährleistet um %	Reißlänge kleiner als gewährleistet um km	Bruchdehnung kleiner als gewährleistet um %	Widerst. gegen Zerknitt. kleiner als gewährleistet um Stufen
A. Bezüglich der Stoff- und Festigkeitsklasse.											
1	Normal 4a . . .	Normal 4a	III	3	IV	4	—	2	0,80	0,1	1
B. Bezüglich der Stoffklasse.											
2	Standesamtsregister	Normal 2b	I	3	II	3	enthält Strohcellulose	—	—	—	—
3	Konzept	„ 4b	III	4	IV	4	—	0,4	—	—	—
4	—	„ 4b	III	4	IV	4	—	1,5	—	—	—
5	—	„ 3a	II	3	III	3	—	3,3	—	—	—
6	—	„ 3b	II	4	III	4	—	2,0	—	—	—
7	—	„ 3a	II	3	III	3	—	2,3	—	—	—
8	—	„ 3a	II	3	III	3	zuviel Holzcellulose	—	—	—	—
9	—	„ 3b	II	4	III	4	desgl.	—	—	—	—
C. Bezüglich der Festigkeitsklasse.											
10	—	Normal 4a	III	3	III	4	—	—	0,97	0,5	1
11	Schreib	„ 4a	III	3	III	5	—	—	—	0,2	2
12	Kanzlei	„ 4a	III	[1])	III	[1])	—	—	—	—	3
13	Kanzlei	„ 4a	III	[2])	III	[2])	—	—	—	—	1
14	Frachtbrief . . .	„ 4a	III	[3])	III	[3])	—	—	—	—	1
15	Standesamtsregister	„ 2a	I	2	I	3	—	—	0,70	0,7	—
16	Konzeptpapier . .	„ 3b	II	4	II	5	—	—	—	—	1
17	Mundirpapier . .	„ 4a	III	[4])	III	[4])	—	—	—	—	2
18	Konzeptpapier . .	„ 3b	II	4	II	6	—	—	—	—	2
19	Frachtbriefpapier .	„ 4a	III	[5])	III	[5])	—	—	—	—	2
20	Normalschreib . .	„ 4a	III	3	III	4	—	—	0,21	0,1	1
21	—	„ 4a	III	3	III	4	—	—	0,18	0,1	1
22	Frachtbrief . . .	„ 4a	III	3	III	4	—	—	0,09	—	1
23	—	„ 4a	III	3	III	4	—	—	0,43	—	1
24	—	„ 4a	III	3	III	5	—	—	1,02	0,7	2

	Gewährleistet: Reißlänge	Dehnung	Widerstand	Vorhanden: Reißlänge	Dehnung	Widerstand
[1])	3500	2,75	4	3850	2,5	1
[2])	3500	2,75	4	3790	2,6	3
[3])	3500	2,75	4	3750	2,5	3
[4])	3500	2,75	4	4240	2,6	2
[5])	3500	2,75	4	4490	2,8	2

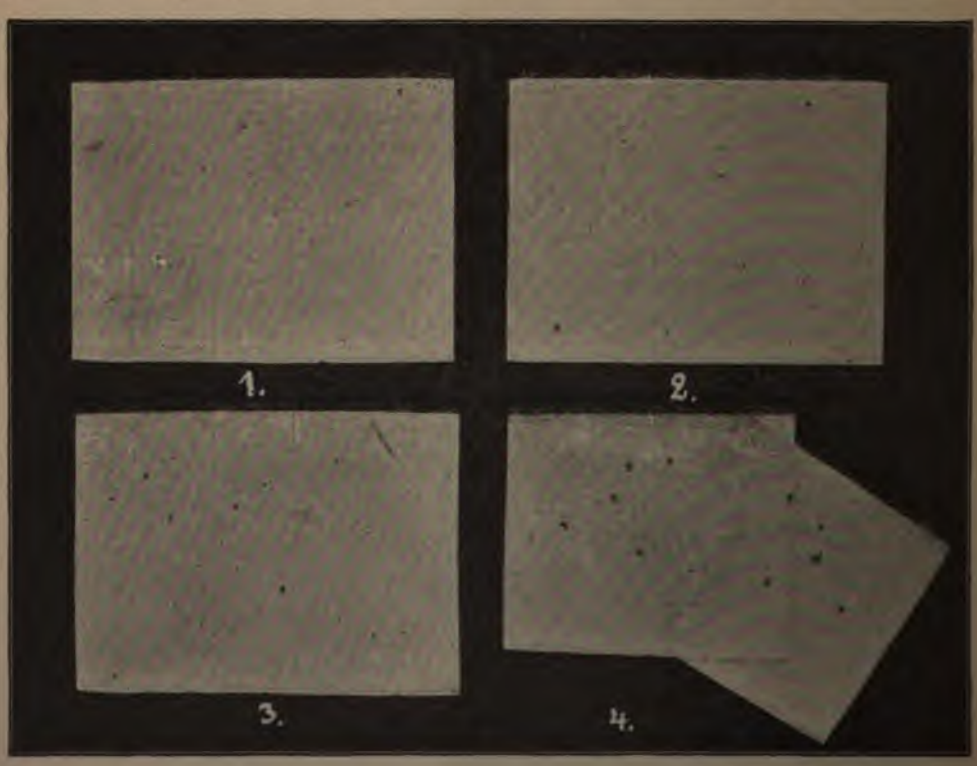
Also auch im Jahre 1892 ist das Verhältniß der als genügend gelieferten Papiere zu den nicht genügenden bei den Wasserzeichenpapieren besser als bei den nicht mit einem Wasserzeichen versehenen Papieren. Die Ergebnisse würden wohl sicher noch günstiger ausgefallen sein, wenn es sich im vorliegenden Falle nicht gewissermaßen um das „Versuchsjahr" für die Herstellung von Wasserzeichenpapieren handelte. In diesem mußten eine Anzahl von Fabrikanten, welche sich früher wenig oder garnicht mit der Herstellung von Normalpapieren befaßt hatten, erst Erfahrungen sammeln, und es ist daher anzunehmen, daß das Verhältniß sich im laufenden Jahre noch günstiger gestalten wird als im Jahre 1892.

---

5. Flecke im Papier.

Vom Abtheilungsvorsteher W. Herzberg.

Nach dem Zusammenkleben eines gelblichen Papiers mit einem gewöhnlichen Karton aus Holzschliff mit Hülfe von Stärkekleister zeigten sich auf dem Papier scharf hervortretende gelbe und gelblichbraune Flecke, welche dem Papier ein unschönes Aussehen verliehen. (Fig. 1.)



Zur Feststellung der Ursache dieser Flecke wurden der Versuchsanstalt Proben des beklebten Kartons sowie einige Blätter des noch nicht geklebten Papiers eingeschickt.

Mit dem Probematerial wurde zunächst ein praktischer Klebeversuch ausgeführt, um festzustellen, ob etwa der früher verwendete Kleister Ursache der Flecke sei. Zu dem Zweck wurde eine Probe des gelben Rohpapiers mit bestem Stärkekleister auf Holzkarton geklebt;

nach dem Trocknen zeigten sich auf dem Papier ähnliche Flecke wie auf dem eingeschickten geklebten Muster (Fig. 2). Daher war die Annahme gerechtfertigt, daß die Ursache der Flecke nicht in dem verwendeten Klebemittel, sondern in den zusammengeklebten Materialien, also entweder in dem Papier oder in dem Karton zu suchen sei.

Bei der weiteren Untersuchung zeigte sich, daß das Rohpapier sehr stark eisenhaltig war; behandelte man es mit einer sauren Ferrocyankaliumlösung, so zeigten sich, über die ganze Fläche vertheilt, zahlreiche blaue Flecke (Berliner Blau) (Fig. 3).

Behandelte man in gleicher Weise den geklebten Karton, so zeigte die Papierseite das gleiche Verhalten wie das ursprüngliche Papier, die Kartonseite indessen blieb unverändert. In dem Aussehen der Flecke zeigte sich insofern ein kleiner Unterschied, als sie beim ungeklebten Papier ziemlich scharf begrenzt erschienen, während sie nach dem Kleben theilweise mit einem blauen Hof umgeben waren. Diese letztere Erscheinung trat besonders bei denjenigen Flecken hervor, die schon ohne chemische Behandlung auffielen und welche Ursache der Beanstandung waren.

Wenn man durch Einlegen in Wasser das aufgeklebte Papier von dem Karton trennte und die beiden geklebten Seiten mit saurer Ferrocyankaliumlösung behandelte, so zeigten sowohl Karton als auch Papier zahlreiche blaue Flecke, der Karton aber nur an den Stellen, an welchen er mit den Flecken des Papiers in Berührung gekommen war (Fig. 4); die übrigen Stellen des Kartons sowie die Rückseite desselben ließ keine Eisenreaktion erkennen.

Auf Grund dieser Beobachtungen läßt sich mit großer Wahrscheinlichkeit aussagen, daß die beanstandeten Flecke Eisenverbindungen sind, die wohl aus dem Fabrikationswasser herrühren; kommen diese Flecke mit dem Kleister in Berührung, so werden vermuthlich ganz geringe Mengen in Lösung gehen und hierdurch sowie durch das darauffolgende Pressen des Kartons die Flecke wie mit einem Hof umgeben erscheinen. Durch die Erweichung der Flecke infolge der Einwirkung des Kleisters erklärt sich dann auch ihre theilweise Uebertragung auf die Innenseite des Kartons (Fig. 4).

Als Ursache der Flecke konnte daher nur das verwendete Papier angesehen werden.

6. Ueber die Löslichkeit dunkler Mineralschmieröle in Petroleumbenzin.

Vom Abtheilungsvorsteher Dr. Holde.

In einer früheren Veröffentlichung[1]) war gezeigt worden, daß dunkle deutsche Mineralschmieröle beim Behandeln mit Petroleumbenzin flockige braune Niederschläge gaben, welche sich in Benzol lösten und sich schließlich als den Oelen eigenthümliche, wahrscheinlich vom Rohöl herrührende Asphaltbestandtheile charakterisirten. Diesen Versuchen war das gewöhnliche Petroleumbenzin vom spezifischen Gewicht 0,70 zu Grunde gelegt worden.

Neuere Beobachtungen ließen erkennen, daß das spezifische Gewicht, bez. die Siedegrenzen des Benzins die Löslichkeit der Asphaltstoffe sehr beeinflussen. Diesem Umstande mußte eine erhöhte Aufmerksamkeit gewidmet werden, nachdem schon die früheren Versuche über die Löslichkeit von Asphaltstoffen in Petroleum und hellen Mineralschmierölen, also in den höchst siedenden Teilen des Erdöls, die Möglichkeit ergeben hatten, daß die durch Petroleumbenzin aus dunklen Mineralschmierölen abscheidbaren Asphaltmengen, wenigstens z. T., in gelöster Form in den ursprünglichen Oelen vorkommen können.

[1]) „Mittheilungen" 1890, S. 311.

Tabelle 1. Uebersicht über die Löslichkeit von dunklen Mineralschmier-

P = Petro-

Laufende Nr.			1				2				3			
Zeichen des Oeles			A				B				C			
Aeußere Erscheinungen			dickflüssig, braunschwarz				wie A				wie A, tiefer gefärbt			
Herkunft			?				?				?			
Verhalten in der Kälte			Bei −5 C° im 6 mm weiten U-Rohr unter dem Druck von 50 mm Wassersäule in 1 Min. um mehr als 10 mm steigend				Bei −5 C° im 6 mm weiten U-Rohr unter dem Druck von 50 mm Wassersäule in 1 Min. nicht fließend				Bei −5 C° im 6 mm weiten U-Rohr unter dem Druck von 50 mm Wassersäule in 1 Min. um mehr als 10 mm steigend			
Zeit nach Mischung mit Lösungsmittel			sofort	10 Min.	¾ St.	1 Tag	sofort	10 Min.	¾ St.	1 Tag	sofort	10 Min.	¾ St.	1 Tag
Löslichkeit in	Petroleumbenzin, spez. Gewicht	0,65	klar	schwach trübe	flockiger, geringer Niederschlag	susp. Niederschlag und Bodensatz	klar	schwach trübe	stärker getrübt	Bodensatz	trübe	stark trübe	starker susp. Niederschlag und Bodensatz	—
		0,69	klar	klar	schwach trübe	susp. starker flockiger Bodensatz und Niederschlag	—	—	—	—	klar	schwach trübe, Bodensatz	starker Bodensatz	—
		0,71	—	—	klar	klar, sehr geringer Bodensatz	—	—	—	—	klar	klar	klar	—
	Ligroin		—				—				—			

Da seitens der deutschen Bahnverwaltungen heute neben Rüböl fast ausschließlich nur noch die billigen dunklen Mineralschmieröle in sehr großem Maßstabe benutzt werden und hinsichtlich der Löslichkeit der Oele in Benzin bestimmte Vorschriften bestehen, so hat die vorbezeichnete Untersuchung ein besonderes Interesse für die Beurtheilung der auf den Eisenbahnen benutzten Schmieröle.

In vorstehender Tab. 1 (S. 262 u. 263) sind zunächst die Ergebnisse einer Reihe qualitativer Vorversuche über die Löslichkeit einiger dunkler Mineralschmieröle in Benzinen von verschiedenen Siedegrenzen mitgeteilt. Bei diesen Proben wurden im Reagensglas in etwa 15—20 ccm Benzin so viel Oeltropfen gelöst, daß die Lösung entweder unmittelbar nach dem Schütteln oder nach dem Absetzen eines Niederschlages durchsichtig erschien.

Schon die vorstehenden Versuche lassen erkennen, daß die Löslichkeit asphalthaltiger Oele in Petroleumbenzinen von verschiedenen spezifischen Gewichten sehr verschieden ist, derart, daß z. B. Oele mit nicht sehr großem Asphaltgehalt nur noch mit ganz leichten Petroleumbenzinen Niederschläge gaben, während sie sich in den hochsiedenden Benzinen klar lösten. Zugleich zeigte sich, wie bei früheren Versuchen, daß die Zeitdauer des Stehens der Mischung von Oel und Benzin sehr von Einfluß auf die Abscheidung des Niederschlages ist. Bei den Oelen,

Ölen in Petroleumbenzinen von verschiedenen spezifischen Gewichten.
leumbenzin.

4				5				6				7				8	
D				E				F				G				H	
wie A				braun, dickflüssig				braunschwarz, zeigt in dünner Schicht viele feste Theile				schwarz, dickflüssig, zeigt in dünner Schicht viele feste Theile				schwarz-braun, dickflüssig	
Oelheim				russisch				Oelheim				Elsaß				?	
im Reagensglas bei 0° nicht fließend				im Reagensglas bei −10 C° schwer fließend				im Reagensglas bei 0 C° nicht fließend				im Reagensglas bei 0 C° nicht fließend				im U-Rohr bei 50 mm Wasserdruck in 1 Min. etwa 3 mm ansteigend	
sofort	10 Min.	¾ St.	1 Tag	sofort	10 Min.	¾ St.	1 Tag	sofort	10 Min.	¾ St.	1 Tag	sofort	10 Min.	¾ St.	1 Tag	4 St.	2 Tage
klar	schwach trübe	mäßiger susp. flockiger Niederschlag	susp. flockiger Niederschlag und Bodensatz	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	bei Lichtzutritt Benzin spez. Gewicht 0,701	
klar	klar	schwach trübe	mäßiger Bodensatz	—	—	—	klar	trübe	susp. Niederschlag und Bodensatz	starker Bodensatz	—	trübe	susp. Niederschlag und Bodensatz	susp. starker Niederschlag und Bodensatz	—	klar	starker Niederschlag
klar	klar	klar	klar	—	—	—	—	trübe	trübe	Bodens.	—	trübe	trübe	Bodensatz	—	bei Lichtabschluß Benzin spez. Gewicht 0,701	
—				—				sofort Abscheidungen				sofort Abscheidungen				klar	starker Niederschlag

welche nach 10 Minuten langem Stehen der Mischung Trübung der Lösung zeigten, erschienen die Lösungen anfänglich öfter klar. Das Oel 8 gab nach mehrstündigem Stehen mit Benzin bei Lichtzutritt und Lichtabschluß noch völlig klare Lösung, während nach zweitägigem Stehen in beiden Lösungen starke Abscheidungen zu erkennen waren. Im Allgemeinen läßt sich sagen, daß die Asphaltabscheidungen durch Benzin um so eher hervorgerufen werden, je reicher das Oel an Asphalt ist. Alle Oele der Tab. 1 waren in Benzol klar löslich, so daß die mit den Benzinen erhaltenen Niederschläge nicht von zufälligen mechanischen Verunreinigungen, sondern nur von ausgeschiedenen Asphaltstoffen herrühren konnten. Sämmtliche Benzinlösungen waren nach dem Niederfallen der Asphaltabscheidungen bedeutend heller gefärbt als vorher — ein Umstand, welcher auf das außergewöhnliche Färbevermögen der Asphaltstoffe hinweist.

Es war nun von Interesse, einerseits die Ausscheidungen von Asphalt aus verschiedenen Mineralschmierölen ihrer Menge nach näher zu vergleichen, andererseits zu untersuchen, ob die Anwendung verschiedener Mengen Benzin die Mengen des ausgeschiedenen Asphaltes beeinflußt. Dann aber war es vor allem wichtig, festzustellen, ob die Asphaltstoffe aus den filtrirten und nicht filtrirten Oelen in gleichen oder verschiedenen Mengen abgeschieden wurden.

Die letztgenannte für die Praxis besonders wichtige Untersuchung mußte darüber entscheiden, ob ein ausschließlich gelöster Zustand der Asphaltstoffe in den dunklen Mineralschmierölen anzunehmen ist, oder ob diese Stoffe auch im ungelösten Zustand vorkommen. Es erschien daher erwünscht, insbesondere auch solche Oele in den Kreis der Untersuchungen zu ziehen, welche, wie z. B. die Elsasser Produkte von tiefschwarzer Farbe waren, bei Zimmerwärme in dünner Schicht dunkle feste Theilchen erkennen ließen und am ehesten die Wahrscheinlichkeit boten, besonders asphaltreich zu sein und auch Asphalttheilchen suspendirt zu enthalten. (Wegen des hohen Paraffingehaltes dieser Oele ist freilich eine Benutzung dieser Produkte für Eisenbahnzwecke ausgeschlossen.) Andererseits wurden auch Oele untersucht, welche wie z. B. Nr. 1, 2 u. 3 (Tab. 3), bis auf ihr Verhalten zu Benzin den Anforderungen der Bahnverwaltungen genügen würden.

Der erste Theil der über die vorstehenden Fragen ausgeführten quantitativen Untersuchungen wurde in kleinen Meßcylindern vorgenommen, indem abgemessene Mengen Oel und Benzin in diesen Gefäßen mit einander geschüttelt und später die Volumina der niedergefallenen Asphaltniederschläge verglichen wurden. Wenn diese in den Tab. 2 und 3 (S. 265 u. 266) mitgetheilten Versuche auch zunächst noch nicht die unter verschiedenen Umständen gewonnenen Asphaltmengen der absoluten Menge nach ergaben, so gestatteten sie doch, wie aus den Tab. 2 u. 3 hervorgeht und bei den späteren gewichtsanalytischen Untersuchungen Bestätigung fand, ein vergleichendes Urtheil hinsichtlich der oben aufgeworfenen Fragen über den Einfluß der Menge des Benzins auf die Mengen des Niederschlags, Einfluß der Filtration ꝛc. zu bilden. Im Wesentlichen ergab sich, daß mit größerem Benzinzusatz Vermehrung des Niederschlages eintrat und daß die Volumina der Niederschläge bei filtrirten und nicht filtrirten Oelen keine bemerkenswerthen Unterschiede zeigten. Die Tab. 4 (S. 266) ergiebt, daß bei den russischen Oelen im Gegensatz zu den deutschen Produkten gar keine oder kaum meßbare Mengen Niederschlag selbst durch sehr leicht siedendes Petroleumbenzin (bis 50 °) hervorgebracht werden, und es mag an dieser Stelle hervorgehoben sein, daß sich diese Erfahrung allgemein bei den Untersuchungen von Eisenbahnschmierölen in der Versuchsanstalt bestätigte, insofern als die äußeren Erscheinungen der Oele deren Herkunft verriethen.

Bei dem zweiten Theile der quantitativen Versuche, wurden die unter Anwendung verschiedener Benzine aus filtrirten und nicht filtrirten Oelen ausgefällten Asphaltmengen ihrem absoluten Gewichte nach bestimmt (siehe Tab. 5 S. 267. u. 6 S. 268). Hierbei wurden die bei den volumetrischen Untersuchungen gewonnenen Erfahrungen verwerthet, indem der Asphalt stets mit soviel Benzin ausgefällt wurde, daß die Lösungen nach dem Herunterfallen des Niederschlages klar durchsichtig und höchstens hellbraun gefärbt waren; erst dann gaben die durch ein Faltenfilter filtrirten Lösungen bei weiterem Zusatz von Benzin keine weiteren Niederschläge. Etwa 150 ccm leicht (bis 50 °) siedenden Benzins dürften für je 1 ccm Oel immer ausreichen. Möglichste Verdünnung der Lösung ist also bei den Ausfällungen der Asphaltstoffe Hauptbedingung. Inwieweit man unter Innehaltung dieser Bedingung bei Anwendung des genau gleichen Benzins für ein und dasselbe Oel bei Wiederholungsversuchen übereinstimmende Resultate erhält, geht aus der Tab. 5 hervor, zu welcher noch bezüglich der Versuchsausführung das Folgende bemerkt sei:

Eine abgewogene Menge Oel (1,5—3 g) wurde in einer 1 Literflasche aus farblosem Glase mit etwa 300—500 ccm Benzin versetzt. Nach eintägigem Stehen wurde zunächst der Hauptheil der Lösung durch ein kleines Faltenfilter dekantirt. Dann wurde die Hauptmenge des Niederschlages auf das Filter gebracht und unter Nachspülung der Flasche mit

Tabelle 2. Einfluß der Mengen des Petroleumbenzins und der Zeitdauer des Stehens auf das Volumen des Asphaltniederschlages.

Laufende Nr.	Herkunft ꝛc., siehe Tab. 3 Nr.	Nr. des Versuches	Mischungsverhältniß Oel ccm	Mischungsverhältniß Benzin ccm	Spez. Gewicht bezw. Siedegrenzen des Benzins	Zeit der Beobachtung nach der Mischung h	Volumen des Niederschlags ccm	Bemerkungen
1	3	1	0,75	22,5	0,641	5	0,8	—
						48	0,7	
		2	0,5	10		24	0,5	
		3	0,5	15		24	0,6	
2	6 Das Oel hat nicht gleichmäßig flüssige Beschaffenheit, sondern ist theilweise klumpig.	1	0,75	22,5	0,641	je 48	(1,4)*	* Dieser Werth erscheint unrichtig.
		2	1,0	20			2,2	
		3	1,0	30			2,4	
		4	2,0	90			5,3	
		5	0,75	20		2	2	Die Versuche 5 bis 8 wurden einige Monate später, als die Versuche 1 bis 4 ausgeführt.
						24	1,6	
						74	1,5	
						102	1,5	
		6	0,75	20	Bis 50 C° siedendes Benzin, aus wenig Oel enthaltendem Benzin abdestillirt.	2	2	
						24	1,6	
						74	1,5	
						102	1,5	
		7	2,0	50		2	8	
						24	5,5	
						74	5,0	
						102	4,95	
		8	2,0	75		2	10,3	
						24	6,1	
						74	etwa 5,4	
						102	etwa 5,4	
		9	2,0	50	Bis 50 C° siedendes Benzin von Schering.	17	5,2	
		10	2,0	75		17	6,0	
2a	2	1	2,0	30		17	1,5	
		2	2,0	60		17	2,0	
3	Dunkles Oelheimer Schmieröl	1	2,0	30	Bis 50 C° siedendes Benzin, aus wenig Oel enthaltendem Benzin abdestillirt	2	2	—
						24	1,4	
						72	1,2	
						102	1,2	
4	Desgl.	1	0,75	20		2	1,2	—
						24	1,0	
						72	0,85	
						102	0,85	
5	5	1	0,75	22,5	0,64	48	1,6	—
		2	3	85	50—60°	24	7,2	
		3	3	90	30—50°	24	8,0	

reinem Benzin solange auf dem Filter ausgewaschen, bis das Filtrat keinen öligen Rückstand nach dem Verdunsten des Benzins ergab. Hierauf wurde der Asphalt vom Filter durch heißes Benzol abgelöst; die in einen Kolben gespülte Lösung wurde durch Destillation von der Hauptmenge des Benzols befreit und dann auf ein tarirtes Uhrglas gespült, welches nach Verdampfung des Benzolrestes und Trocknung bei etwa 100 C° gewogen wurde. Durch diese Behandlung, d. h. durch die Ablösung des Niederschlages vermittelst Benzol, war man sicher, nur asphaltartige Stoffe, nicht aber auch fremde durch Petroleumbenzin aus den Oelen niedergeschlagene Verunreinigungen zur Wägung zu bringen. Es empfiehlt sich, den Asphalt immer baldthunlichst nach der Auswaschung mit Benzin vom Filter mittelst Benzol zu lösen,

Tabelle 3. Vergleichung der Volumina der Niederschläge, welche durch Petroleumbenzin vom spezifischen Gewicht 0,641 in nichtfiltrirten und filtrirten dunklen Mineralölen hervorgerufen werden.

Laufende Nr.	Angaben über Herkunft und Verhalten in der Kälte	Anzahl der mit einander gemischten ccm		Beobachtung der Mischung nach dem Schütteln	Beobachtungen über das Niederschlags-Volumen	
		Oel	Benzin		Zeit der Beobachtung nach dem Durchschütteln von Oel und Benzin h	Volumen des Niederschlages ccm: Filtrirtes Oel / Nicht filtrirtes Oel
1	Herkunft nicht bekannt, steigen im 6 mm weiten U-Rohr bei −5 C° unter 50 mm Wasserdruck wenigstens 10 mm in 1 Min. an	0,75	etwa 22	starker flockiger Niederschlag	24	0,75 / 0,75
2					24	1,0 / 1,0
3					5 48	0,75 / 0,8 0,7 / 0,7
4	Herkunft nicht bekannt, bei −5 C° unter 50 mm Wasserdruck im 6 mm weiten U-Rohr in 1 Min. nicht ansteigend.			erst getrübt, dann starker flockiger Niederschlag	4 24	1,0 / 0,8 0,8 / 0,8
5	tiefschwarzes Elsasser Oel bei 0 C° im Reagensglas nicht fließend			starke flockige Niederschläge	5 48	2,0 / 2,05 1,6 / 1,6
6	Elsasser Roh-Oel.				48	1,4 / 1,4
7	Oelheimer Schmieröl, tiefbraunschwarz, bei 0 C° im Reagensglas nicht fließend	1,0	30		0,5 24	1,9 / 1,8 1,1 / 1,1

Tabelle 4. Verhalten einiger russischer Mineralschmieröle gegen leicht (bis 50°) siedendes Petroleumbenzin.

Laufende Nr.			1	2	3	4	5
Aeußere Erscheinungen			braunroth, durchscheinend, fluorescirend, mäßig dickflüssig	schwarzgrün, undurchsichtig, mäßig dickflüssig	schwarzgrün, undurchsichtig, mäßig dickflüssig	schwarzgrün, undurchsichtig, sehr dickflüssig, Cylinderöl	schwarzgrün, undurchsichtig, dickflüssig
Verhalten in der Kälte			Bei −5 C° im Reagensglas fließend, bei −5 C° im 6 mm weiten U-Rohr unter 50 mm Wasserdruck in 1 Min. um mehr, als 10 mm ansteigend			Bei 0 C° im Reagensglas nicht fließend	Steigt bei −5 C° im 6 mm weiten U-Rohr in 1 Min. bei 50 mm Wasserdruck 5 mm an
Lösung in Benzin bei Zusatz von	10 ccm Benzin zu 1 ccm Oel	am ersten Tage	anfänglich ganz hell u. klar, nach 1 Stunde geringer, nicht meßbarer hellbrauner Niederschlag	anfänglich, hellroth, braun, klar, ebenso nach 1 Stunde	anfänglich tiefrothbraun, klar, ebenso nach 1 Stunde	anfänglich tiefrothbraun, klar, ebenso nach 1 Stunde	anfänglich hellrothbraun, klar, ebenso nach 1 Stunde
		am zweiten Tage	Lösung klar, am Boden ca. 0,1 ccm betragender hellbrauner Niederschlag	Lösung klar, beim Bewegen der Mischung zeigt sich merklicher, doch nicht meßbarer Bodensatz	Lösung klar, beim Bewegen der Mischung zeigt sich am Boden sehr geringer, nicht meßbarer Bodensatz	wie 3	wie 3
	weitere 10 ccm Benzin zu der vorstehenden Mischung	anfänglich	völlig klar	völlig klar	völlig klar	völlig klar	völlig klar
		nach 1 Stunde	geringer, schmutziggelber Niederschlag	desgl. beim Bewegen geringer Bodensatz bemerkbar	desgl. beim Bewegen geringer Bodensatz bemerkbar	desgl. beim Bewegen sehr geringer Bodens. bemerkbar	desgl. beim Bewegen kein Bodensatz bemerkbar
		nach 1 Tag	geringer hellbrauner Niederschlag in der Lösung suspendirt, Bodensatz etwa 0,1 ccm	klar, geringer Bodensatz etwa 0,1 ccm	klar, beim Bewegen geringer Bodensatz bemerkbar	desgl.	desgl. beim Bewegen sehr geringer Bodensatz bemerkbar

ölen in Petroleumbenzinen von verschiedenen spezifischen Gewichten.
leumbenzin.

4				5				6				7				8	
D				E				F				G				H	
wie A				braun, dickflüssig				braunschwarz, zeigt in dünner Schicht viele feste Theile				schwarz, dickflüssig, zeigt in dünner Schicht viele feste Theile				schwarzbraun, dickflüssig	
Oelheim				russisch				Oelheim				Elsaß				?	
im Reagensglas bei 0° nicht fließend				im Reagensglas bei —10 C° schwer fließend				im Reagensglas bei 0 C° nicht fließend				im Reagensglas bei 0 C° nicht fließend				im U-Rohr bei 50 mm Wasserdruck in 1 Min. etwa 3 mm ansteigend	
sofort	10 Min.	¾ St.	1 Tag	sofort	10 Min.	¾ St.	1 Tag	sofort	10 Min.	¾ St.	1 Tag	sofort	10 Min.	¾ St.	1 Tag	4 St.	2 Tage
klar	schwach trübe	mäßiger susp. flockiger Niederschlag	susp. flockiger Niederschlag und Bodensatz	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	bei Lichtzutritt Benzin spez. Gewicht 0,701	
klar	klar	schwach trübe	mäßiger Bodensatz	—	—	—	klar	trübe	susp. Niederschlag und Bodensatz	starker Bodensatz	—	trübe	susp. Niederschlag und Bodensatz	susp. starker Niederschlag und Bodensatz	—	klar	starker Niederschlag
klar	klar	klar	klar	—	—	—	—	trübe	trübe	Bodens.	—	trübe	trübe	Bodensatz	—	bei Lichtabschluß Benzin spez. Gewicht 0,701	
—				—				sofort Abscheidungen				sofort Abscheidungen				klar	starker Niederschlag

welche nach 10 Minuten langem Stehen der Mischung Trübung der Lösung zeigten, erschienen die Lösungen anfänglich öfter klar. Das Oel 8 gab nach mehrstündigem Stehen mit Benzin bei Lichtzutritt und Lichtabschluß noch völlig klare Lösung, während nach zweitägigem Stehen in beiden Lösungen starke Abscheidungen zu erkennen waren. Im Allgemeinen läßt sich sagen, daß die Asphaltabscheidungen durch Benzin um so eher hervorgerufen werden, je reicher das Oel an Asphalt ist. Alle Oele der Tab. 1 waren in Benzol klar löslich, so daß die mit den Benzinen erhaltenen Niederschläge nicht von zufälligen mechanischen Verunreinigungen, sondern nur von ausgeschiedenen Asphaltstoffen herrühren konnten. Sämmtliche Benzinlösungen waren nach dem Niederfallen der Asphaltabscheidungen bedeutend heller gefärbt als vorher — ein Umstand, welcher auf das außergewöhnliche Färbevermögen der Asphaltstoffe hinweist.

Es war nun von Interesse, einerseits die Ausscheidungen von Asphalt aus verschiedenen Mineralschmierölen ihrer Menge nach näher zu vergleichen, andererseits zu untersuchen, ob die Anwendung verschiedener Mengen Benzin die Mengen des ausgeschiedenen Asphaltes beeinflußt. Dann aber war es vor allem wichtig, festzustellen, ob die Asphaltstoffe aus den filtrirten und nicht filtrirten Oelen in gleichen oder verschiedenen Mengen abgeschieden wurden.

Tabelle 6. **Vergleichende Gewichtsbestimmungen des Asphaltes in filtrirten und nichtfiltrirten Oelen, geordnet nach steigenden Siedegrenzen des Benzins.**

Laufende Nr.	Herkunft, Aussehen 2c., siehe Tab. 2 Nr.	Benzin siedet	Daten über Gewinnung des Benzins	Gefundene Prozentmenge Asphalt	Mittel aus Versuchen	Bemerkungen.
1	6	bis 41 C°	aus Scheringschem, bis 50° siedendem Benzin abdestillirt	5,73	2	filtrirtes Oel
		bis 50 C°	von Schering bezogenes Benzin	5,53	4	filtrirtes Oel
				5,45	1	theils filtrirtes, theils nicht filtrirtes Oel
			aus reinem gewöhnlichem Benzin gewonnen	(6,52)	1	desgl.
			aus Lösungen von Oel in Benzin abdestillirt	4,84	1	desgl.
			aus Lösungen von Oel in Benzin abdestillirt	2,82	1	desgl.
		bis 60 C°	Das zur Ausfällung des Asphaltes benutzte Haupt-Quantum hatte gleiche Zusammensetzung, bei dem zur Auswaschung benutzten konnte die gänzliche Gleichmäßigkeit der Waschmengen nicht mehr sicher ermittelt werden.	4,41	1	filtrirtes Oel
				4,95	1	
				4,63	1	besteht theils aus filtrirtem, theils aus nicht filtrirtem Oel
				4,77	1	
		zwischen 60—80 C°	Ursprung nicht mehr genau zu ermitteln	2,12	2	filtrirtes Oel
			Ursprung konnte nicht mehr genau ermittelt werden	0,71	1	
2	2	bis 50 C°	von Schering bezogenes Benzin	2,34	1	nicht filtrirtes Oel
				2,43	1	filtrirtes Oel
3	dunkles Oel, aus hellem russischem Oel durch künstlichen Asphaltzusatz hergestellt	desgl.	desgl.	0,56	2	filtrirtes Oel
4	2 braunschwarzes Oelheimer Schmieröl	bis 60 C°	das zur Fällung benutzte Benzin hatte gleiche Zusammensetzung, bei dem zur Waschung benutzten war die genau gleiche Zusammensetzung zweifelhaft	1,06	1	nicht filtrirtes Oel
				1,17	1	desgl.
5	4	—	spez. Gewicht 0,641	0,99	1	filtrirtes Oel
		bis 60 C°	—	1,04	1	
6	7 Elsässer Rohöl	bis 60 C°	—	5,14	1	nicht filtrirt
7	Elsässer Schmieröl	bis 60 C°	Benzin von einheitlicher Zusammensetzung	5,77	1	nicht filtrirt
				5,72	1	filtrirt

hierbei wiederum ein Theil der ganz leicht flüchtigen Theile verdunstete. Versuche mit noch niedriger siedenden Benzinen sind im Gange.

Des Weiteren ergiebt die Tab. 6 eine Bestätigung der schon auf volumetrischem Wege gemachten Beobachtung, daß die Mengen Asphaltniederschlag in filtrirten und nicht filtrirten Oelen auch bei sehr asphaltreichen Produkten die gleichen sind — es ist daher ein gelöster Zustand der Asphaltstoffe in den dunklen Mineralschmierölen im Allgemeinen anzunehmen. Die festen dunklen Partikelchen, welche mehrfach bei dunklen deutschen Mineralölen in dünner

Tabelle 2. Einfluß der Mengen des Petroleumbenzins und der Zeitdauer des Stehens auf das Volumen des Asphaltniederschlages.

Laufende Nr.	Herkunft ꝛc., siehe Tab. 3 Nr.	Nr. des Versuches	Mischungsverhältniß Oel ccm	Mischungsverhältniß Benzin ccm	Spez. Gewicht bezw. Siedegrenzen des Benzins	Zeit der Beobachtung nach der Mischung h	Volumen des Niederschlags ccm	Bemerkungen
1	3	1	0,75	22,5	0,641	5	0,8	–
						48	0,7	
		2	0,5	10		24	0,5	
		3	0,5	15		24	0,6	
2	6 Das Oel hat nicht gleichmäßig flüssige Beschaffenheit, sondern ist theilweise klumpig.	1	0,75	22,5	0,641	je 48	(1,4)*	* Dieser Werth erscheint unrichtig.
		2	1,0	20			2,2	
		3	1,0	30			2,4	
		4	2,0	90			5,3	
		5	0,75	20	Bis 50 C° siedendes Benzin, aus wenig Oel enthaltendem Benzin abdestillirt.	2	2	Die Versuche 5 bis 8 wurden einige Monate später, als die Versuche 1 bis 4 ausgeführt.
						24	1,6	
						74	1,5	
						102	1,5	
		6	0,75	20		2	2	
						24	1,6	
						74	1,5	
						102	1,5	
		7	2,0	50		2	8	
						24	5,5	
						74	5,0	
						102	4,95	
		8	2,0	75		2	10,3	
						24	6,1	
						74	etwa 5,4	
						102	etwa 5,4	
		9	2,0	50	Bis 50 C° siedendes Benzin von Schering.	17	5,2	
		10	2,0	75		17	6,0	
2a	2	1	2,0	30		17	1,5	
		2	2,0	60		17	2,0	
3	Dunkles Oelheimer Schmieröl	1	2,0	30	Bis 50 C° siedendes Benzin, aus wenig Oel enthaltendem Benzin abdestillirt	2	2	–
						24	1,4	
						72	1,2	
						102	1,2	
4	Desgl.	1	0,75	20		2	1,2	–
						24	1,0	
						72	0,85	
						102	0,85	
5	5	1	0,75	22,5	0,64	48	1,6	–
		2	3	85	50—60°	24	7,2	
		3	3	90	30–50°	24	8,0	

reinem Benzin solange auf dem Filter ausgewaschen, bis das Filtrat keinen öligen Rückstand nach dem Verdunsten des Benzins ergab. Hierauf wurde der Asphalt vom Filter durch heißes Benzol abgelöst; die in einen Kolben gespülte Lösung wurde durch Destillation von der Hauptmenge des Benzols befreit und dann auf ein tarirtes Uhrglas gespült, welches nach Verdampfung des Benzolrestes und Trocknung bei etwa 100 C° gewogen wurde. Durch diese Behandlung, d. h. durch die Ablösung des Niederschlages vermittelst Benzol, war man sicher, nur asphaltartige Stoffe, nicht aber auch fremde durch Petroleumbenzin aus den Oelen niedergeschlagene Verunreinigungen zur Wägung zu bringen. Es empfiehlt sich, den Asphalt immer baldthunlichst nach der Auswaschung mit Benzin vom Filter mittelst Benzol zu lösen,

Tabelle 8. Vergleichende Versuche über das Eintrocknungsvermögen

Die Versuche wurden bei den unten in der erste

Laufende Nr.		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Art der Oele		undurchsichtige dunkle Oele											
		Submissionsöl, Herkunft unbekannt	amerik. mit künstlichem Asphaltzusatz	russische Oele mit künstlichem Asphaltzusatz		Submissionsproben unbekannter Herkunft		Oelheimer Produkte		Submissionsproben unbekannter Herkunft		Elsasser tiefschwarze Oele	
% Gehalt an an Asphalt. (Angew. Benzin bis 50° siedend.)		0,23	0,43	0,56	0,9	1,10	1,39	1,30	1,57	1,72	2,34	5,54	5,75 (Benzin bis 60°)
50—55°	5 Stunden	–				Sämmtliche Proben sind völlig flüssig geblieben							
	10 Stunden	–				wie nach 5 Stunden						–	wie nach 5 Stunden
etwa 100°	5 Stunden 1	Sämmtliche Proben leichtflüssig						schwerflüssig	leichtflüssig bis schwerflüssig	schwerflüssig	schwerflüssig bis klebrig	schwerflüssig	schwerflüssig bis harzig
	5 Stunden 2	Sämmtliche Proben leichtflüssig				schwerflüssig	leichtflüssig	schwerflüssig	leichtflüssig bis schwerflüssig	schwerflüssig	desgl.	schwerflüssig	klebrig
	10 Stunden 1	Sämmtliche Proben leichtflüssig					leichtflüssig bis schwerflüssig	schwerflüssig bis klebrig	leichtflüssig bis schwerflüssig	schwerflüssig bis klebrig	schwerflüssig bis klebrig	schwerflüssig bis klebrig	schwerflüssig bis harzig, n. 15 St. fast fest
	10 Stunden 2	schwerflüssig bis schwach klebrig	leichtflüssig			schwerflüssig	schwerflüssig	schwerflüssig bis klebrig	schwerflüssig	klebrig	desgl.	klebrig	fast fest

Nunmehr wurde die ganze Masse filtrirt und in dem etwa 290 ccm betragenden Filtrat sowie in dem aus Asphalt und Oel bestehenden Rückstand der Asphaltgehalt mittelst des Scheringschen bis 50 C° siedenden Benzins bestimmt. Hierbei wurden die folgenden Werthe erhalten:

a) Künstlich zugesetzter Asphalt . . . . . 2,71 g

b) im Rückstand auf dem Filter (ungelöster Asphalt + etwa 10 ccm Oel) gefundene Asphaltmenge . . . . . 1,05 g

c) im Filtrat gefundene Asphaltmenge . . . . . 1,48 g } 2,53 g

für das Filtrat berechnete . . . . . 1,66 g

Es ist also annähernd der gleiche Asphaltgehalt in dem Oel gefunden worden, wie er künstlich zugesetzt war. Daß noch sehr wenig Asphalt nach der Behandlung mit Benzin gelöst blieb, zeigte sich an der ziemlich dunklen Farbe des von der Hauptmenge Asphalt befreiten Oeles nach dem Abtreiben des Benzins.

Das ebenfalls künstlich mit Asphalt versetzte schottische Oel (Nr. 6 in Tab. 7) gab beim Behandeln mit Scheringschem Petroleumbenzin (bis 50 C° siedend) 0,4 % Asphaltniederschlag, und das so von Asphalt befreite Oel zeigte nach dem Abdestilliren des Benzins seine dunklere Färbung gegenüber dem ursprünglichen asphaltfreien Oele, so daß die völlige Entfernung des zugesetzten Asphaltes angenommen werden konnte.

Um nun den Einfluß des Asphaltgehaltes auf die physikalischen Eigenschaften der Mineralöle kennen zu lernen, wurden die schon oben erwähnten künstlich mit Asphalt versetzten Oele und ein der Versuchsanstalt eingeliefertes, schon stärker asphalthaltiges Oel mit asphalt-

asphaltfreier und asphalthaltiger Mineralöle in dünner Schicht.

Vertikalrubrik angegebenen Wärmegraden ausgeführt.

Laufende Nr.			13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Art der Oele			klar durchsichtige helle Oele						undurchsichtige dunkle Oele					
			russisch						Submissionsproben unbekannter Herkunft	russisch				
% Gehalt an an Asphalt. (Angew. Benzin bei 50° siedend.)			frei von Asphalt						sind frei von Asphalt oder enthalten Spuren Asphalt					
50—55°	5 Stunden		—											
	10 Stunden		—											
etwa 100°	5 Stunden	1	–						sämmtlich leichtflüssig				leichtflüssig bis schwerflüssig	schwerflüssig
		2	–						leichtflüssig	leichtflüssig	Sämmtliche Proben leichtflüssig			
	10 Stunden	1	Sämmtliche Proben leichtflüssig						leichtflüssig		leichtflüssig bis schwerflüssig	leichtflüssig	leichtflüssig bis schwerflüssig	schwerflüssig
		2	–						leichtflüssig bis schwerflüssig	schwerflüssig	leichtflüssig bis schwerflüssig	leichtflüssig	leichtflüssig	leichtflüssig

freien Oelen verglichen. Die Ergebnisse dieser Versuche sind in der Tab. 7 (S. 269) mitgetheilt.

Der Asphalt führt, wie zu erwarten war, eine gewisse Verdickung und starke Dunkelfärbung der Oele herbei. Die Reibungswerthe, insbesondere die Verhältnißzahlen zu Rüböl unterscheiden sich bei den asphalthaltigen Oelen nicht erheblich von den asphaltfreien Produkten, auch behalten beide Arten von Oelen bei hohen Drucken ihre volle Schmierfähigkeit bei. Das spezifische Gewicht wird durch den Asphaltzusatz erhöht. Das günstige Verhalten in der Kälte erleidet bei dem russischen Oel (Tab. 7 Nr. 2, S. 269) durch den Asphaltzusatz keine erhebliche Veränderung, und das ziemlich starken Asphaltgehalt besitzende Oel Nr. 4 (Tab. 7) zeigt ebenfalls sehr günstiges Verhalten in der Kälte.

Bei 100° (siehe Tab. 8 S. 270 u. 271) blieben die asphaltfreien und mehrere wenig (bis 1,6%) Asphalt enthaltende Mineralöle noch nach 10stündigem Erhitzen in dünner Schicht flüssig, einige 1,3—2,3% Asphalt enthaltende Oele wurden nach dieser Zeit schwerflüssig bis klebrig, während die asphaltreichen (5—6% Asphalt) Elsässer Oele eine dicke harzige Masse bildeten. Bei 50 C° blieben aber auch alle asphaltigen Oele noch flüssig.

Ob das Dicker- oder Klebrigwerden der asphaltreicheren Oele beim Erhitzen auf höhere Wärmegrade nur auf Oxydation oder Verdunstung flüssiger Theile oder gleichzeitig auf beide Umstände zurückzuführen ist, wird event. bei späteren Untersuchungen zu entscheiden sein.

Untersuchungen mit Oelen, denen noch größere Mengen Asphalt, wie in der Tab. 7 angegeben, künstlich zugesetzt wurden, sind noch in der Durchführung be-

Tabelle 6. **Vergleichende Gewichtsbestimmungen des Asphaltes in filtrirten und nichtfiltrirten Oelen, geordnet nach steigenden Siedegrenzen des Benzins.**

Laufende Nr.	Herkunft, Aussehen 2c., siehe Tab. 2 Nr.	Benzin siedet	Daten über Gewinnung des Benzins	Gefundene Prozentmenge Asphalt	Mittel aus Versuchen	Bemerkungen.
1	6	bis 41 C°	aus Scheringschem, bis 50° siedendem Benzin abdestillirt	5,73	2	filtrirtes Oel
		bis 50 C°	von Schering bezogenes Benzin	5,53	4	filtrirtes Oel
				5,45	1	theils filtrirtes, theils nicht filtrirtes Oel
			aus reinem gewöhnlichem Benzin gewonnen	(6,52)	1	desgl.
			aus Lösungen von Oel in Benzin abdestillirt	4,84	1	desgl.
			aus Lösungen von Oel in Benzin abdestillirt	2,82	1	desgl.
		bis 60 C°	Das zur Ausfällung des Asphaltes benutzte Haupt-Quantum hatte gleiche Zusammensetzung, bei dem zur Auswaschung benutzten konnte die gänzliche Gleichmäßigkeit der Waschmengen nicht mehr sicher ermittelt werden.	4,41	1	filtrirtes Oel
				4,95	1	
				4,63	1	besteht theils aus filtrirtem, theils aus nicht filtrirtem Oel
				4,77	1	
		zwischen 60—80 C°	Ursprung nicht mehr genau zu ermitteln	2,12	2	filtrirtes Oel
			Ursprung konnte nicht mehr genau ermittelt werden	0,71	1	
2	2	bis 50 C°	von Schering bezogenes Benzin	2,34	1	nicht filtrirtes Oel
				2,43	1	filtrirtes Oel
3	dunkles Oel, aus hellem russischem Oel durch künstlichen Asphaltzusatz hergestellt	desgl.	desgl.	0,56	2	filtrirtes Oel
4	2 braunschwarzes Oelheimer Schmieröl	bis 60 C°	das zur Fällung benutzte Benzin hatte gleiche Zusammensetzung, bei dem zur Waschung benutzten war die genau gleiche Zusammensetzung zweifelhaft	1,06	1	nicht filtrirtes Oel
				1,17	1	desgl.
5	4	—	spez. Gewicht 0,641	0,99	1	filtrirtes Oel
		bis 60 C°	—	1,04	1	
6	7 Elsässer Rohöl	bis 60 C°	—	5,14	1	nicht filtrirt
7	Elsässer Schmieröl	bis 60 C°	Benzin von einheitlicher Zusammensetzung	5,77	1	nicht filtrirt
				5,72	1	filtrirt

hierbei wiederum ein Theil der ganz leicht flüchtigen Theile verdunstete. Versuche mit noch niedriger siedenden Benzinen sind im Gange.

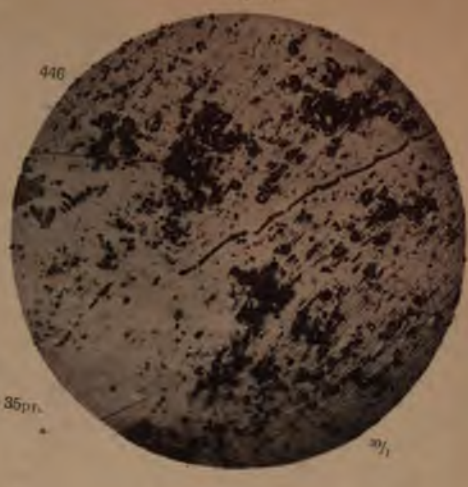
Des Weiteren ergiebt die Tab. 6 eine Bestätigung der schon auf volumetrischem Wege gemachten Beobachtung, daß die Mengen Asphaltniederschlag in filtrirten und nicht filtrirten Oelen auch bei sehr asphaltreichen Produkten die gleichen sind — es ist daher ein gelöster Zustand der Asphaltstoffe in den dunklen Mineralschmierölen im Allgemeinen anzunehmen. Die festen dunklen Partikelchen, welche mehrfach bei dunklen deutschen Mineralölen in dünner

Zeicher

Platten: Eo und E = Eosi
a = Objektiv a°; h, i, k und l
Beleuchte

Fig. 1.

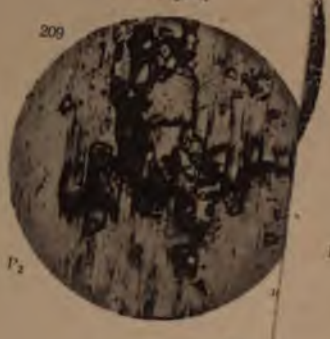
446



Eo 35pr.

Fig. 3.

209



E | P_2

Fig. 11.

432

Eo 35pr.

Fig. 13.

438

Eo 35pr.

Fig. 17.

441

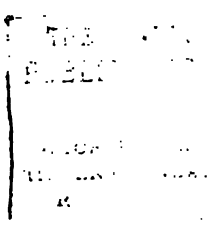
Eo 35pr.

Fig. 19.

437

Eo 35pr.

NEW YORK
PUBLIC LIBRARY



THE NEW YORK
PUBLIC LIBRARY
ASTOR, LENOX AND
TILDEN FOUNDATIONS

THE NEW YO

Mittheilungen
aus den
Königlichen technischen Versuchsanstalten
zu Berlin.

Herausgegeben im Auftrage
der Königlichen Aufsichts-Kommission.

XI. Jahrgang. **1893.** Sechstes Heft.

Bekanntmachung.

Die Herren Minister für Handel und Gewerbe, der öffentlichen Arbeiten und der geistlichen, Unterrichts- und Medizinal-Angelegenheiten haben mittelst Erlasses vom 29. November d. J. den Herrn Geheimen Ober-Bergrath von Roenne aus Anlaß seiner Versetzung in den Ruhestand, unter Anerkennung seiner Verdienste um die Förderung der Königlichen technischen Versuchsanstalten, von dem Amte eines Mitgliedes der unterzeichneten Kommission entbunden und den Herrn Geheimen Bergrath Nasse zum Mitglied dieser Kommission ernannt.

Berlin, den 8. Dezember 1893.

Königliche Kommission zur Beaufsichtigung der technischen Versuchsanstalten.
Schultz.

---

1. Das mikroskopische Gefüge von Flußeisen in gegossenen Blöcken.

Vom Vorsteher Professor Martens.

(Vortrag, gehalten auf dem Ingenieur-Kongreß in Chicago 1893.)

Als mir von Professor Egelston-New-York die ehrenvolle Aufforderung des American Institute of Mining Engineers überbracht wurde, für die in Aussicht genommenen Verhandlungen in Chicago eine Abhandlung über das Kleingefüge des Eisens zu schreiben, war ich in Zweifel, ob ich dieser Aufforderung folgen dürfe, weil die kurze noch verfügbare Zeit und meine sonstige starke Inanspruchnahme die Arbeit arg beeinflussen mußten.

Meine Befürchtungen haben sich leider erfüllt, und ich bin nicht im Stande, die Arbeit abgeschlossen und in dem Umfange vorzulegen, wie es mir wünschenswerth erschien. Ich mochte aber einerseits das Herrn Professor Egelston gegebene Versprechen nicht rückgängig machen und bin andererseits mit der Arbeit doch so weit fertig geworden, daß sie immerhin anregend auf weitere Kreise wirken könnte. Die vorhandenen Lücken bitte ich aus den angeführten Gründen entschuldigen zu wollen.

Soweit meine Kenntniß von den bisher veröffentlichten Arbeiten reicht, entbehrt die Mikroskopie noch immer der eigentlichen festen Grundlage. Systematische Arbeiten zum Ausbau der Beobachtungsmethoden sind nur vereinzelt unternommen und große Lücken sind deswegen noch auszufüllen, so daß es zur Zeit unmöglich ist, einen geschlossenen Ueberblick oder ein Lehrbuch über die Mikroskopie der Metalle zu geben. Die bisherigen Arbeiten historisch zusammen zu stellen und zu beleuchten, hat ein sehr berufener Fachgenosse, Herr F. Osmond-Paris übernommen, so daß ich dieses Gebiet hier nicht zu berühren brauche. Es scheint mir aber nützlich zu sein, zur Begründung des von mir bisher eingeschlagenen Weges, meinem eigentlichen Thema einige Erörterungen vorauszuschicken und Anregungen für den weiteren Ausbau der mikroskopischen Untersuchungsmethoden zu geben.

Bei der Mikroskopie der Metalle kann vorwiegend nur mit auffallendem Lichte gearbeitet werden. Schwache Objektive mit großem Arbeitsabstand (Entfernung der Frontlinse vom Objekt) gestatten die Anwendung direkt auffallenden Lichtes und gestatten wegen der verhältnißmäßig großen Tiefe ihres Bildes auch die Beobachtung an nicht zu unebenen Bruchflächen. Im Allgemeinen ist aber das Mikroskop auf die Abbildung ebener Flächen oder von Objekten beschränkt, deren Einzelelemente nur sehr wenig aus der Ebene heraustreten; je stärker die zur Auflösung der Einzelheiten erforderliche Vergrößerung wird, desto stärkere Objektive sind anzuwenden, desto weniger Tiefe hat das mikroskopische Bild, desto geringer wird der Arbeitsabstand des Objektives und desto schwieriger die Beobachtung des Objektes.

Durch diese Bedingungen sind die anzuwendenden Methoden für die mikroskopische Erschließung der Gefügeelemente des Objektes gegeben.

Zunächst ist es nothwendig, für geeignete Beleuchtung von oben her (auffallendes Licht) zu sorgen. Dies kann bei schwachen Objektiven mit hinreichend großem Abstand durch Neigen des Objektivs bis zur Reflexion des einfallenden Lichtes in den Tubus, durch seitlich angebrachte belegte Spiegel oder durch eine dünne, unbelegte, unter 45° vor dem Objektiv aufgestellte Spiegelplatte geschehen; letztere läßt sich auch durch ein total reflektirendes Prisma ersetzen, welches die halbe Objektivöffnung verdeckt. Bei stärkeren Objektiven sind diese Beleuchtungsvorrichtungen über dem Objektiv anzubringen, so daß das Licht durch das Objektiv (oder das ganze Linsensystem des Mikroskopes) auf das Objekt fällt. Bei dieser Beleuchtungsart kann man selbst sehr starke Objektive anwenden.

Die Kunst des Mikroskopikers, sein Objekt der mikroskopischen Wahrnehmung zu erschließen, bedient sich nun Mittel von zweierlei Art.

Die der ersten Art bestehen in Veränderung der Art der Beleuchtung (Einfall des Lichtes von der Seite; Betrachtung im reflektirten Licht durch Neigung des Objektes, oder senkrechten Einfall des Lichtes auf das Objekt; Anwendung farbigen Lichtes, namentlich bei der Photographie u. a. m.).

Die zweite Art, die Einzelheiten des Objektes zur Anschauung zu bringen, sucht künstliche Veränderungen des Objektes zu erzeugen, der Art, daß gewisse Elemente desselben womöglich in so charakteristisch verändertem Zustande erscheinen, daß durch die Art dieser Zustandsänderung ein Schluß auf Art und Eigenschaften des betreffenden Elementes gezogen werden kann. Diese künstlichen Einwirkungen können physikalischer oder chemischer Art sein. Sie verändern entweder nur das Aussehen der Objektoberfläche (Färbemethoden), sie entfernen gewisse Körpertheile (Aetzmethoden), oder sie bilden neue Körperschichten über einzelne Gefüge-Elemente (Niederschlagsmethoden, z. B. Färbung durch Berlinerblau, galvanische Ueberzüge u. s. w.). Je mehr Methoden es giebt, ein und dasselbe Gefügeelement charakteristisch

zu verändern und von anderen zu unterscheiden, um so sicherer ist die mikroskopische Feststellung des Elementes, um so mehr wird sich der praktische Nutzen der Mikroskopie der Metalle Geltung verschaffen.

Die Ausbildung der Methoden erster Art ist leicht, vielfach versucht und hat schon recht gute Fortschritte gemacht; aber auch sie muß systematisch weiter geführt werden. Die Ausbildung der Methoden zweiter Art ist hingegen schwieriger und wird noch sehr fleißiges und geduldiges Arbeiten vieler Forscher nöthig machen, bevor es gelingen wird, die Mikroskopie der Metalle praktisch auf den gleichen Standpunkt in der Metallurgie zu erheben, wie ihn jetzt die Chemie einnimmt. Daß sie dahin kommen wird, kann demjenigen schon heute nicht mehr zweifelhaft erscheinen, der selbst diese Forschung betrieben, oder der Gelegenheit hatte, einmal eingehend eine gute Sammlung von Eisenschliffen zu studiren. Die Mikroskopie als Ergänzung der chemischen Analyse und der mechanischen Prüfung wird uns einen tiefen Einblick in das Wesen der Metalle eröffnen und namentlich das Ergebniß der chemischen Analyse verständlicher machen.

Es ist wohl einleuchtend, daß die Methoden zweiter Art für die Erschließung des Objektes den Anfangs- und Ausgangspunkt für eine eigene Art der chemischen Analyse bilden, der Mikrochemie, wie sie von verschiedenen Seiten benannt wurde. Die mikroskopische chemische Analyse unterscheidet sich von der gewöhnlichen Form der chemischen Untersuchung dadurch, daß sie sich die Ermittelung der chemischen Zusammensetzung der einzelnen mikroskopisch trennbaren Gefügeelemente zur Aufgabe macht, während die chemische Analyse eigentlich nur die durchschnittliche Zusammensetzung des ganzen Komplexes der Gefügeelemente ermittelt, es sei denn, daß durch chemische Verfahren zuvor noch eine Trennung in Gruppen erfolgt; letzteres ist indessen wohl die Ausnahme. Diesen Theil muß aber die Mikrochemie ebenfalls in ihre Dienste nehmen.

Es ist wohl geschehen und bisher mehrfach zu Tage getreten, daß einige Forscher, im Eifer möglichst schnell zum erwünschten Ziele zu kommen, mit den bisher bekannt gewordenen, aber noch recht mangelhaften Methoden versuchten, einen Einblick in die Gefügeverhältnisse zu gewinnen, die z. B. das Eisen in seinen verschiedenen Gattungen zeigt, oder unter verschiedener Behandlung annimmt; ich selbst bin diesem Wege gefolgt, um in den Gegenstand meiner Forschungen tiefer einzudringen. Aber es ist nothwendig, daß man sein stetiges und ernstes Augenmerk zunächst auf die Ausbildung der Methoden der mikroskopischen Auflösung der Gefügeelemente und der Feststellung ihrer chemischen Zusammensetzung richten muß. Ich habe dies Ziel, soweit mir das als Nichtchemiker möglich war, stets im Auge gehabt und habe wiederholt, weil ich einsah, daß ich aus eigener Kraft das erkannte Ziel nicht erreichen würde, es zu kennzeichnen versucht, um berufenere Kräfte für die Verfolgung des Weges zu interessiren. Ich hoffe trotz meiner starken Inanspruchnahme die nöthige Muße zu finden, um auch zu meinem Theil an der Fortentwickelung der mikroskopischen Methoden zu arbeiten. Ich möchte aber dennoch die Freunde der Metallmikroskopie bitten, auch ihrerseits dem gekennzeichneten Wege zu folgen; er bildet den wichtigsten Angriffspunkt auf diesem Gebiete.

Die Trennung der Gefügeelemente durch Färbung läßt sich auf verschiedenen Wegen erzielen, z. B. durch Erzeugung von Anlauffarben bei allmählicher Erhitzung des Objektes. Bei Eisen und anderen Metallen ist die Intensität der Färbung und der Gegensätze der Färbungen in den nebeneinander liegenden Elementen oft durch geringe Veränderungen in der Art des Anlassens und der Vorbehandlung des Stückes verschieden, und man muß alle Nebenumstände studiren und beachten, wenn man besten Erfolges sicher sein will; langsame

oder schnelle Erhitzung, Erhitzung in verschiedenen Stadien, müssen versucht werden, wobei stets festzustellen ist, ob nicht auch Gefügeänderungen nebenher gehen.

Die Aetzungen werden in der Regel von Aenderungen der Farbe begleitet sein, indem entweder gewisse gefärbte Beimengungen eines Flächenelementes von dem Aetzmittel nicht gelöst werden und, an ihrem Orte verbleibend, das ganze Flächenelement färben, oder indem sich mit dem Aetzmittel Verbindungen der gelösten Theile bilden, die, am Orte der Entstehung verbleibend, mehr oder minder fest anhaften, weil sie in dem Lösungsmittel des ätzenden Körpers nicht löslich sind. Oft wird man diese färbenden Ueberzüge künstlich zu befestigen suchen, indem man entweder der Aetzflüssigkeit solche Körper zusetzt, die das Anhaften der färbenden Theilchen bewirken, oder indem man das Objekt vorsichtig von einer Flüssigkeit in die andere bringt, welche jedesmal die voraufgehend benutzte verdrängt und die Anwendung einer neuen gestattet, bis man endlich zu einer Lösung kommt, aus der sich das Anheftemittel für den farbigen Ueberzug absetzt. Auf diese Weise kann man z. B. von Wasser, durch Alkohol und Aether zu in Chloroform gelösten Canadabalsam übergehen, dessen dünne Haut beim Verdampfen den staubförmigen, färbenden Niederschlag befestigt. Man wird Aetzmittel, die z. B. in wässeriger Lösung lösliche gefärbte Verbindungen liefern und infolge davon die Objekttheile, von welchen diese Verbindungen entstammen, nicht in der gewünschten Weise färben, in anderen Lösungsmitteln, z. B. Alkohol, Aether, Benzin u. s. w. versuchen. Aber auch Aetzmittel, die an sich keine Färbung hervorrufen, sondern nur die schwerer löslichen von den leichter löslichen Flächenelementen trennen, z. B. Salzsäure, wirken in wässeriger Lösung, wie es scheint, anders als etwa in einem Gemisch von Aether und Alkohol oder in reinem Aether. Ich habe wenigstens sehr häufig viel gegensatzreichere Aetzungen mit Salzsäure oder Salpetersäure in Aether-Alkohol erhalten als in Wasser, obwohl der Charakter und die Zeichnung der entstehenden Figuren die gleichen blieben; indessen bleibt festzustellen, ob letzteres immer der Fall ist.

Es kommt nämlich vor, daß der Charakter der entstehenden Aetzfiguren von der Art der Aetzung abhängig ist, wie ich dies z. B. bei Anwendung von Salzsäure in reinem Aether fand. Es bilden sich sehr kleine Tröpfchen einer zähen Flüssigkeit, die sich in ganz regelmäßigen Abständen auf dem Schliff lagern und nun die Aetzung unter sich verhindern, während rund herum Aetzung erfolgt. Das hierdurch hervorgerufene scheinbare Gefüge ist in Fig. 1 u. 2, Taf. VII dargestellt. Fig. 3 zeigt einen Fall, bei welchem sich auf der Schliffläche Krystalle abgesetzt hatten, die nun quadratische Flecke erzeugten. Ein aufmerksamer Beobachter wird sich durch diese Vorgänge nicht täuschen lassen; dem unaufmerksamen oder phantasiereichen Mikroskopiker drohen aber viel größere Gefahren.[1])

Die chemische Analyse kann auf verschiedene Weise für die mikroskopische Untersuchung der Metalle herangezogen werden. Sie kann schlechthin zur Einordnung der Objekte nach bestimmten Gesichtspunkten benutzt werden, wenn es sich z. B. darum handelt, den Einfluß irgend einer Beimengung etwa von Mangan, Silicium, Schwefel, Phosphor u. s. w. auf das Gefüge des Kohleneisens festzustellen. Dann wird man sich Probenreihen von wachsendem Gehalt an diesen Beimengungen verschaffen und deren Schliffflächen studiren.[2]) Die eigentliche Mikrochemie wird sich aber bemühen müssen, durch Isolirung eines bestimmten Gefüge-

[1]) Vergl. „Stahl und Eisen" 1892. S. 406 u. f.: „Das Gefüge der Schienenköpfe".

[2]) Die Ausstellung der Versuchsanstalt in der Deutschen Ingenieur-Abtheilung auf der Weltausstellung in Chicago zeigte die mikrophotographischen Abbildungen solcher Reihen. Vergl. auch „Mittheilungen" 1893.

Elementes und Feststellung seiner Zusammensetzung durch mikrochemische Methoden[1]) (z. B. Krystallisiren aus der Lösung und Bestimmung der erhaltenen Krystalle, oder chemische Reaktion im mikroskopischen Sehfelde u. a.) zum Ziele zu kommen. Solche Isolirung kann z. B. erreicht werden, wenn durch das mit Balsam aufgekittete Deckglas ein feines Loch bis zum fraglichen Gefügeelement gebohrt wird, aus dem mit geeigneten Lösungsmitteln hinreichende Mengen entnommen werden, um die chemische Natur des Gefügetheiles zu erkennen. Ebenso kann man sehr dünne Plättchen herstellen und durch eins der sonst für die Behandlung der Objekte gebräuchlichen Aetzmittel den leicht löslichen Theil fortnehmen, so daß der schwer lösliche Theil in seiner ursprünglichen Form zurückbleibt. Die Lösung und der zurückbleibende Theil wird dann getrennt geprüft. Den gleichen Zweck erreicht man oft mit feingepulverten Körpern, die man in gleicher Weise behandelt. Auch dickere Stücke kann man zuweilen durch sehr lange Einwirkung zum Zerfall in die einzelnen Gefügetheilchen bringen. So gerieth es mir beispielsweise, Stücke von Spiegeleisen durch monatelanges Liegenlassen in sehr stark verdünnter Salzsäure in seine Krystallelemente (dünne, säulenförmige Plättchen) aufzulösen.[2]) Auf Schliffen lösen sich die obersten Schichten schon in kürzerer Zeit, vergl. Fig. 5, Taf. VII.

Die Mikrochemie ist keineswegs auf die nassen Reaktionen beschränkt, man kann schließlich auch die Reaktion im Feuer in den Kreis der Versuche ziehen.

In meinen bisherigen Veröffentlichungen über das Kleingefüge des Eisens habe ich der Reihe nach behandelt: Das Gefüge des grauen Roheisens[3]), dasjenige des weißen Roheisens an Bruch- und Schliffflächen[4]), und zuletzt schrieb ich über das Bruchgefüge von schmiedbarem Eisen.[5]) Hier möchte ich nun in Verfolg meines ursprünglichen Planes über das Gefüge der Schliffflächen von gegossenem Flußeisen (weich und hart) sprechen, nachdem ich durch besondere Veranlassung außerhalb des Rahmens meines ursprünglichen Planes mit einer besonderen Abhandlung über das Gefüge eines Schienenkopfes[6]) das Gebiet des bearbeiteten Flußeisens bereits streifte.

Für meine jetzige Arbeit habe ich Abschnitte von Flußeisenblöcken benutzt, die mir im Jahre 1883 vom Bochumer Verein für Gußstahlfabrikation zur Verfügung gestellt worden sind. Die Blöcke sind vom Werke wie folgt bezeichnet:

Block A	Bessemer,	mittelhart	C = 0,32 %
„ B	„	hart	C = 0,4 %
„ C	„	sehr hart	C = 0,5 %
„ D	Thomas,	weich	C = 0,06 %
„ E	„	mittelhart	C = 0,25 %
„ F	Martin,	weich (Draht)	C = 0,1 %
„ G	„	weich	C = 0,25 %
„ H	„	mittelhart	C = 0,45 %

[1]) Wie sie bei der mikroskopischen Untersuchung von Gesteinsschliffen angewendet werden, oder wie sie Dr. K. Haushofer in seinem Werke über Mikroskopische Reaktionen — Braunschweig, Vieweg & Sohn, beschreibt.

[2]) „Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure" 1878, S. 484: „Zur Mikrostruktur des Spiegeleisens".

[3]) Ebendaselbst Jahrgang 1880, S. 397: „Ueber das mikroskopische Gefüge und die Krystallisation des Roheisens, speziell des grauen Eisens".

[4]) Ebendaselbst Jahrgang 1878, S. 205 u. 481: „Mikrostruktur des Spiegeleisens".

[5]) „Stahl und Eisen" 1887, Nr. 4: „Ueber das Kleingefüge des schmiedbaren Eisens, besonders des Stahles".

[6]) Ebendaselbst Jahrgang 1892, S. 406: „Das Gefüge der Schienenköpfe".

Von diesen Blöcken ließ ich zunächst die Bruchflächen als möglichst dünne Platten mit der Kreissäge kalt abschneiden und hierauf je eine mehrere Millimeter dicke Platte auf gleiche Weise entnehmen. Diese Platten wurden durch zwei Schnitte in vier Theile zerlegt, von denen jeder ein viertel Blockquerschnitt entsprach. Je einer dieser Theile wurde fein geschliffen, polirt und mit Salpetersäure in Aetheralkohol geätzt. Er zeigte dann sehr deutlich das Gefüge des Blockes meistens strahlenförmig gegen den Abkühlungsrand geordnet. Diese Platten wurden in etwa anderthalbfacher natürlicher Größe photographirt und diese Aufnahmen auf Taf. VIII den photographischen Aufnahmen der Bruchflächen (etwas mehr als $^1/_4$ Blockquerschnitt in $^1/_1$) gegenübergestellt.[1])

Je einer der vier Plattentheile wurde in sieben Streifen von etwa 7—10 mm Breite zerlegt, die von der Mitte aus nach dem Rande des Blockes laufend nummerirt und mit dem Plattenzeichen versehen wurden. Diese Zeichen wurden jedesmal auf das Randende des Streifens geschlagen, das in den Fig. Taf. VIII nach oben liegt.

Alle gleich nummerirten Streifen der Platten A bis H erfuhren die gleiche Behandlung, und zwar wurden die Streifen:

Nr. 1 unverändert gelassen und

Nr. 2 an einem Ende weißwarm gemacht und dann im Wasser abgeschreckt,

Nr. 3 ebenso am Ende weißwarm gemacht und dann in Kohlenlösche sehr langsam abgekühlt.

Nr. 4 wurde hellrothwarm gemacht, in Wasser abgeschreckt und dann von einem Ende her erhitzt, so daß das Ende ganz schwach rothglühend wurde.

Für die Erhitzung wurden die gleichbenummerten Streifen mit Draht zusammengebunden und bei Nr. 2 und 3 die unbezeichneten Enden wie oben angegeben im Schmiedefeuer erhitzt, sodaß die in der Zange befindlichen Enden möglichst wenig erwärmt wurden. Das Erhitzen bei Nr. 4 erfolgte jedesmal vom nichtnummerirten Ende aus; wenn das Ende schwach dunkelrothwarm war, wurden die Stücke wiederum in Wasser abgeschreckt. Alsdann befand sich:

Bei dem Streifen Nr. 4	A	B	C	D	E	F	G	H
Der Beginn der blauen Zone	27	26	31	24[2])	29[3])	24	27	27
Das Ende der gelben Zone	34	34	37	32	33	34	37	36

Millimeter vom bezeichneten Streifenrande, also vom Blockrande aus gemessen.

Die Streifen Nr. 5 wurden auf der halben Länge kalt, die Streifen Nr. 6 hellroth warm geschmiedet, während die gezeichnete Hälfte möglichst unverändert blieb. Die zur Verfügung gestellte Zeit reichte aber nicht mehr hin, um auch diese Proben für die Untersuchung vorzubereiten. Ich muß daher um Entschuldigung bitten, wenn sie hier ausfallen müssen und die Ergebnisse erst bei einer späteren Gelegenheit veröffentlicht werden können.

Nachdem die Streifen der vorbenannten Behandlung unterworfen waren, wurden die gleichbenummerten Stücke nebeneinander so auf die Schleifschalen gekittet, daß die gezeichneten

[1]) Wegen der gegebenen Tafelgröße der „Mittheilungen" war es nothwendig, die Abbildungen auf den Tafeln auf 0,8 und 0,6 der natürlichen Größe zu verkleinern. Die im Text und auf den Tafeln gemachten Angaben beziehen sich auf die wirkliche Vergrößerung der photographischen Aufnahmen. Durch den Lichtdruck leidet bekanntlich die Schärfe der Abbildungen. Interessenten, welche photographische Abzüge von den Originalnegativen zu besitzen wünschen, können diese gegen Erstattung der Kosten von der Versuchsanstalt beziehen.

[2]) undeutlich, [3]) schmal.

Seiten nach unten und die harten und weichen Enden der Streifen abwechselnd nebeneinander lagen, weil nur bei dieser Anordnung auf gleichmäßiges Schleifen gerechnet werden konnte. Dann sind die Flächen feingeschliffen und möglichst gut polirt. Diese Arbeit konnte nicht mit vollendeter Sauberkeit ausgeführt werden, weil dies zu großen Zeitverlust verursachen konnte. Man muß daher schon über einige Schleifrisse in den beigegebenen Mikrophotographien hinwegsehen, die übrigens nur das gute Aussehen der Bilder stören, für die mikroskopische Untersuchung und für die richtige Deutung der Bilder zuweilen aber von großem Werthe sind.

Die Aetzung aller Streifen sollte planmäßig in ganz gleicher Weise erfolgen, sie wurde anfangs mit Salzsäure in Aetheralkohol ausgeführt. Als aber die Zeit sehr knapp wurde, wollte ich die Zeit sparen, die bei sorgfältiger Entfernung des Kittes verloren ging und ich ätzte daher die Streifen Nr. 1 gemeinsam, gleich nach dem Poliren auf feuchter Unterlage und gehörigem Abspülen und Abbürsten unter Wasser, mit Salzsäure in wässeriger Lösung. Der Wachskitt saß noch an den Stücken. Diese Stücke zeigten alle einen röthlichblauen Hauch, der von gelblichen Parthien bedeckt erschien, aus dem sich ein mehr oder minder farbloses Aderwerk scharf abhob. Ich vermuthe, daß hier der Wachskitt wirksam gewesen ist, da ich sonst so intensive Färbungen beim Aetzen mit Salzsäure in Wasser nicht wahrgenommen habe.

Nach dem Aetzen sind für jede Materialgattung die vier Streifen nebeneinander gelegt und in natürlicher Größe photographirt, was übrigens große Schwierigkeiten bereitete, da die Streifen das Licht alle in gleiche Richtung reflektiren müssen, wenn die Aetzung klar zur Darstellung kommen soll; das ist bei den Platten viel leichter zu erreichen. Ich habe für diesen Zweck ein besonderes photographisches Stativ entworfen, das jede Einstellung des Apparates gegen das auffallende Licht gestattet; nur auf diese Weise gelang es mir, einigermaßen brauchbare Bilder zu bekommen. Die Streifengruppen 1—4 finden sich auf Taf. VIII, mittlere Bilder.

Von jedem Streifen wurden alsdann je sechs mikrophotographische Aufnahmen in 19—20facher linearer Vergrößerung mit dem nach meinem Entwurf von der bekannten Firma Carl Zeiß in Jena erbauten mikrophotographischen Apparat[1]) hergestellt. Bei diesen Aufnahmen kam es mir darauf an, ohne weitere Auswahl und ohne Rücksicht darauf, ob sich die betreffenden Stellen gerade für die photographische Abbildung besonders eigneten oder nicht, wo immer möglich gleichgelegene Stellen der einzelnen Streifen abzubilden. Ich habe deswegen auf etwa vorhandene Fehler, die durch den mangelhaften Schliff entstanden sind (Schleifrisse), sehr wenig Rücksicht genommen. Ebenso habe ich in der Art der Beleuchtung des Objektes und in der Auswahl der photographischen Platten gar keine Rücksicht darauf genommen, photographisch möglichst vollkommene Bilder zu erhalten. Ich benutzte immer farbenempfindliche Platten von Perutz in München ohne Anwendung eines Lichtfilters, aber mit Einschaltung einer matten Scheibe in die Irisblende vor dem Prisma. Auf die matte Scheibe wurde das Bild der in der Gas-Sauerstoffflamme glühenden Zirkonfläche möglichst scharf entworfen und die matte Scheibe so eingestellt, daß nahezu das Korn des Glases im Objekt erschien. Hierbei erzielt man eine außerordentlich wirksame Beleuchtung und die Gegensätze der Flächenelemente des Objektes treten scharf hervor. Um aber auch zugleich die

[1]) Nebst dem von mir angewendeten photographischen Verfahren ausführlich beschrieben in den „Mittheilungen". 1891. S. 278.

Tiefen und Höhen der Aetzung oder von Poren klar erscheinen zu lassen, gab ich durch geringe Verschiebung und Drehung des Beleuchtungsprismas aus der Mitte des Objektivfeldes ein wenig schiefes Licht und brachte durch entsprechende sehr geringe Neigung des Objektes das Licht wieder zur Reflexion in den Tubus des Mikroskopes. Durch diesen Kunstgriff erscheinen die Kanten der Höhen und Tiefen, wenn die Aetzung scharfe Trennung der Flächenelemente hervorbrachte, mit scharf ausgesprochenen Licht- und Schattensäumen, wie man sie namentlich an den stärkeren Schleifrissen meistens leicht erkennen wird. Man kann sich aus der Beobachtung dieser Erscheinung leicht ein Urtheil darüber bilden, ob eine Fläche tiefer oder höher liegt als die andere, d. h. ob das betreffende Flächenelement mehr oder weniger stark durch das Aetzmittel angegriffen wurde. In den senkrechten Schleifrissen wird man den Schatten links, die Lichtkante rechts finden. Alle Flächen also, die links Schatten- und rechts Lichtkanten haben, sind Vertiefungen im Objekte; alle Flächen, die links die Licht- und rechts Schattenkanten haben, sind Erhöhungen.

Weder an den Negativen noch an den Positiven habe ich irgend welche Retouche, Verstärkung oder Abschwächung vorgenommen; sie sind geblieben wie die Entwickelung und Fixirung sie lieferte. Nur da, wo die Expositionszeit nicht genau so bemessen war, daß die drei nebeneinander auf einer Platte aufgenommenen Bilder beim Entwickeln gleich kräftig hervortraten, ließ ich beim Kopiren die drei Bilder einer Platte, so viel dies erreichbar war, auf gleiche Dunkelheit bringen, um einen gar zu unschönen Eindruck der Tafeln zu vermeiden: einige Bilder haben aber getrennt für sich kopirt werden müssen. Die Bilder werden also, wenn sie, wie gesagt, auch photographisch nicht das Vollkommenste sind, was hätte geleistet werden können, hoffentlich eine klare Vorstellung von den Veränderungen geben, die das Gefüge der Streifen bei den oben angegebenen Behandlungsweisen erlitten hat.

Ebensowenig aber wie diese Uebersichtsbilder in 19—20facher Vergrößerung in allen Fällen photographisch vollkommen sein können, ebensowenig stellen sie vollkommen das dar, was das mikroskopische Objektiv von einzelnen der Objekte zu zeigen vermag. Ich habe deswegen von den besonders werthvollen und gut geätzten Objekten eine Reihe von Aufnahmen bei anderen Vergrößerungen unter besonderer Berücksichtigung der für die Photographie günstigen Momente aufgenommen; sie sind auf Taf. VII und VIII gegeben. Leider reichte aber auch hier die noch zur Verfügung stehende Zeit nicht mehr aus, um diesen Theil meiner Arbeiten so weit auszudehnen, wie es wohl wünschenswerth gewesen wäre.

Zu der Anordnung der Tafeln IX—XII habe ich noch folgende allgemeine Bemerkungen zu machen.

Die Bilder sind in der oberen Reihe von links anfangend, mit den Buchstaben a—f (die auch für die darunterliegenden Bilder der Reihen 2—4 gelten) versehen, was andeuten soll, daß das betreffende Bild nahezu an der gleichbenannten Stelle der Streifen entnommen wurde, deren Lage auf den Streifenbildern (Taf. VIII) rechts durch die gleichen Buchstaben angedeutet ist. Diese Stellen liegen, jedesmal vom Blockrande aus gerechnet, für Punkt

a	b	c	d	e	f	um
60—55	50	40	30	20	10	mm

entfernt, nahezu in der Streifenmitte.

Diese Bezeichnungsweise wurde gewählt, um zu ermöglichen, daß für die chemische Analyse nöthigenfalls genau die photographisch abgebildete Stelle des Objektes benutzt werden kann. Die chemische Analyse selbst mußte ich allerdings von vorneherein auf eine spätere Zeit verschieben, weil ich schon bei Beginn der Arbeit übersehen konnte, daß die verfügbare

Zeit kaum für deren mikroskopischen Theil ausreichen würde, und weil ich, so lange ich selbst nicht über ein chemisches Laboratorium verfüge, auf die Mitarbeit von Freunden angewiesen bin, denen ich aber die Objekte erst nach Vollendung der mikroskopischen Arbeit zustellen kann.

In den einzelnen Bildern der Taf. IX—XII liegt jedesmal die Längsachse des Streifens parallel zur Längsachse des Bildes, sodaß man sich die Bilderfolge, von a—f untereinander geordnet zu denken hat, wenn man sich eine Vorstellung von der wahren Lage der abgebildeten Flächen im Objekt machen will. Die auf Taf. IX—XII links liegenden Bilder entsprechen den stark erhitzten oder dem Anlassen ausgesetzten Enden der einzelnen Streifen.

Unterwirft man die Abbildungen auf Taf. IX—XII einer allgemeinen vergleichenden Durchsicht, so kann es nicht entgehen, daß das Gefüge des gegossenen Bessemer-Flußeisens (Taf. IX u. X) in den untersuchten drei Proben bei gleicher Behandlung durchweg ähnlich erscheint. Ebenso sind die beiden Proben von Thomas-Flußeisen (Taf. X u. XI) und die drei Proben von Martin-Flußeisen (Taf. XI u. XII) unter sich ähnlich. Ferner wird man ohne weiteres erkennen, welchen großen Einfluß die Art der Behandlung auf das Material gehabt hat.[1])

Der Kürze wegen werde ich in Folgendem nur die Bezeichnungen Bessemer-, Thomas- und Martineisen benutzen, ganz gleichgültig, ob weiches oder hartes Material vorliegt; auch soll stets nur gegossenes und mechanisch nicht weiter bearbeitetes Material verstanden sein, wenn nicht Ausnahmen hiervon besonders bezeichnet werden. Zugleich will ich noch ausdrücklich bemerken, daß ich meine Beschreibungen in erster Linie nach dem mikroskopischen Präparate machen werde, weil die Photographie immer, ganz besonders aber unter den bereits oben angeführten, hier obwaltenden Umständen, nur einen schwachen Abklatsch des wirklichen Bildes geben kann und viele von den Einzelheiten des Objektes verloren gehen läßt. Ich würde farbige Zeichnungen beigefügt haben, wenn nicht deren Herstellung gar zu viel Zeit erforderte und ihr Druck erhebliche Kosten bereitete. Die Photographien kann ich unter den angegebenen Verhältnissen nur zur Erläuterung und Versinnlichung meiner Worte benutzen.

Zur Beschreibung der Einzelheiten des mikroskopischen Gefüges von gegossenem Flußeisen will ich zunächst mich auf das Bessemereisen Taf. IX—XII beschränken.

Wie ich schon bemerkte, sind die Streifen 1 in sehr stark mit Wasser verdünnter Salzsäure geätzt. Sie zeigen helle Figuren von schwachgelblicher Färbung, die bei den Proben A und B (Taf. IX) in scharf abgegrenzten Flächen von tiefblauem ins röthliche spielendem Ton eingelagert sind. Bei Probe C (Taf. X) ist der Grund nur zum Theil und fleckenweise bläulich gefärbt. Im Großen und Ganzen zeigt die Probe hellere Farbentöne als A und B; daher zeigt die obere Bilderreihe von C keine so scharfen Gegensätze im Gefüge, wie die gleichen Reihen von A und B. Diese wären bei Anwendung eines Lichtfilters bei der photographischen Aufnahme besser hervorgekommen. Ich hob schon hervor, daß die intensive blaue Färbung durch Vermittelung des Wachskittes (1/2 Bienenwachs und 1/2 Kolophonium) bewirkt sein kann, der noch an den Proben haftete und von dem vielleicht gewisse Bestandtheile in kleinen Spuren in Lösung gingen, indessen bedarf die Sache eingehender Untersuchung und eventuell geschickter Benutzung der gefundenen Ursachen.

[1]) Ich möchte darauf verweisen, daß auch F. Osmond diesen Gegenstand behandelte. Der Herr Verfasser hatte die Güte, mir einen Sonderabdruck seines Berichtes zu senden, den er „sur la métallographie microscopique“ an die Commission des Methodes d'Essai des Matericaux de Construction erstattete.

Faßt man die Abbildungen der Bruchflächen und der geschliffenen Platten von Taf. VIII und die Bilder von Taf. IX u. X zusammen, so erkennt man, daß die einzelnen senkrecht zu den Abkühlungsflächen angeschossenen langgestreckten Krystallrudimente (stengeliges Gefüge) auch in den Schliffen deutlich wiederkehren (in B 1, B 3 und C 2 als helle, in C 1 als dunkle Grenzlinien). Die Schnittflächen der einzelnen Stengel sind von zahlreichen mehr oder weniger regelmäßig angeordneten, häufig parallelen hellen Streifen oder in sich begrenzten hellen Flecken bedeckt, deren Details in Fig. 7 Taf. VII in $^{100}/_{1}$ dargestellt sind.

Die hellen Flächen der Stengelgrenzen und diejenigen auf den dunklen Maschenflächen zeigen übereinstimmenden Charakter, sie liegen tiefer als die dunklen Flächen, wie man bei schiefer Beleuchtung an den Licht- und Schattenkanten erkennt (Taf. VII, Fig. 6, 7, 10, Taf. IX, B 1 g und f. — Beachte, daß das Licht von rechts einfallend zu denken ist). Der Umstand, daß die hellen Flächen tiefer sind als die dunklen, kann dadurch verursacht sein, daß diese Stellen vom Aetzmittel stärker angegriffen sind, oder dadurch, daß auf den dunklen Flächen sich eine gefärbte dicke Haut niedergeschlagen hat.

In den Korn-(Stengel-)Grenzen finden sich vielfach Anhäufungen von Poren. Finden sich Poren in den eigentlichen Kornflächen (Maschen des Netzes), so sind sie fast immer in die hellen Flecke eingebettet; in den blauen Flächen finden sie sich nur sehr selten. Es macht den Eindruck, als ob die Poren bei Bildung des Kornes aus der Masse nach außen in die hellen Grenzflächen gedrängt wären. Man erkennt diese Anordnung in den Fig. 7 und 12—13 Taf. VII und bei B 1 a—e.

Nach der Blockmitte hin gehen die langgestreckten Formen der Körner in polygonale Formen über, und man findet daher in den Korngrenzen auf den Schliffflächen eine netzförmige, aderige Anordnung der hellen Flächen, in welchen die dunklen, bläulich gefärbten Flächen die Maschenfläche des Netzes bilden. Die helle Masse ist hier in weit ausgedehnterem Maße mit Poren bedeckt, als nahe dem Blockrande. Die Poren nehmen längliche Formen an und ersetzen zuweilen die helle Masse ganz, A 1 a, B 1 a und C 1 a—d. Da wo die helle Masse in breiteren Flächen auftritt, ist sie häufig von einer braunschwarzen Haut bedeckt, die beim Aetzen diese Adern überhaupt dunkel färbt, sich aber beim Abpinseln (C 1 a u. b) und Abreiben des Schliffes mit einem weichen Tuch mehr oder minder leicht entfernen läßt, Fig. 12 u. 13, A 1 c.

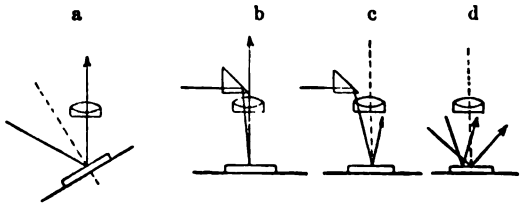
Die Poren sind bereits vor dem Aetzen auf den polirten Schliffen erkennbar, sie werden aber durch das Aetzen schärfer ausgebildet und etwas vergrößert. Sie deuten nach dem Schleifen und Poliren, also vor dem Aetzen, schon die allgemeinen Umrisse der Körner mehr oder weniger deutlich an.

An Schliffen von Thomaseisen, namentlich der weichen Proben, ist es viel schwieriger, scharf geschiedene Gefügetheile durch Aetzen nachzuweisen. Ich habe bei anderen Gelegenheiten mich auf alle erdenkliche Weise bemüht, Unterschiede der nebeneinander liegenden Elemente zur Erscheinung zu bringen, habe aber bislang kein sicheres Mittel hierfür gewinnen können, wenn sich auch die Ueberzeugung bildete, daß dies auch hier gelingen muß. Da der Bruch des gegossenen Thomaseisens großes, grobes Korn hat, und Korn auf der Bruchfläche schließlich nur entstehen kann, wenn in der Masse gewisse Flächen (Körpergrenzen) bestehen, die weniger Widerstand bieten als die die Körnchen bildenden Elementar-Körper, so muß es nach meiner Ueberzeugung Mittel geben, die Korngrenzen auf den Schliffflächen dem Mikroskop zu erschließen. Das so erschlossene Gefüge kann kaum einen anderen Charakter haben, als einen netzförmigen Aufbau, mit den verschiedenen Anordnungen, wie wir sie schon kennen lernten.

Das in der That durch die Aetzung mit Salzsäure in Wasser sichtbar gemachte Gefüge des Thomaseisens D ist aber ein ganz anderes als das vorbeschriebene. Reihe D_1 giebt einen Begriff hiervon. Betrachtet man die Schlifffläche im reflektirten Licht[1]), wie es bei der photographischen Abbildung angewendet wurde, so entdeckt man folgende Charaktere. Am Blockrande findet man als vorwiegenden Bestandtheil eine schmutzig blaue Fläche mit unregelmäßig angeordneten und unregelmäßig geformten silbergrauen Flächen, die zuweilen den Eindruck machen, als ob sie in den blauen Flächen schwimmen. Nach der Mitte hin werden diese Flächen deutlicher und schärfer begrenzt (D 1 a—d); sie werfen Schlagschatten auf die dunklen Flächen und zeigen feine Lichtsäume an ihren dem Licht zugewendeten Kanten. Die hellen Flächen liegen also erhaben in den dunklen. Zwischen diesen größeren Flächen findet man, am Rande zahlreicher als in der Mitte, mehr oder weniger kleine, rundliche, helle und ebenfalls erhabene Flecke, die zuweilen langgestreckte Gestalt annehmen und dann auch wohl parallele Anordnung verrathen. Auch die Ränder der hellen Flächen sind zuweilen von ihnen gesäumt. (Fig. c, Taf. XIII). Die blauen Flächen sind namentlich gegen die Blockmitte mit rundlichen Poren bedeckt; zuweilen finden sich letztere auch in den hellen Flächen und stehen dann häufig in Berührung mit den genannten säumenden Streifen. Im diffusen Licht heben sich die hellen Flächen ebenfalls silbergrau und vielleicht noch schärfer aus der dunklen Fläche ab.

Das Thomaseisen E ist härter als D und kommt im Kohlenstoffgehalt dem bereits besprochenen Bessemereisen näher. Bei der Aetzung mit Salzsäure in Wasser treten schon Charaktere hervor, die einen Uebergang nach den Erscheinungen bilden, die wir beim Bessemereisen kennen lernten. Aus den Streifenbildern Taf. VIII ersieht man, daß bei D 1 u. E 1 sich ein Randsaum beim Aetzen bildete, der vielleicht Folge des Schutzes ist, den möglicherweise eine aus dem Wachskitt sich bildende Haut abgab. Auf dieser schwach geätzten Fläche erkennt man deutlich, daß auch beim Thomaseisen E am Rande stengelig ausgewachsene Körner sich ansetzten, von deren helleren Korngrenzen aus parallel angeordnete Streifen in die dunkle graue Masse des Kornes sich erstrecken. Die Korngrenzen und die Streifen sind weiße glänzende Flächen, die an Gesammtausdehnung die dunklen Flächen im Gesichtsfelde überbieten. Weiter gegen die Mitte zu verschwindet das Gefüge in der schwach geätzten Randzone fast ganz, man sieht es nur durchschimmern, während es unmittelbar daneben ganz scharf zum Vorschein kommt. Um zu zeigen, wie leicht auf solche Weise Täuschungen entstehen können, wenn man

[1]) Ich verstehe hierunter eine solche Anordnung der Beleuchtung, daß die von oben beleuchtete undurchsichtige Objektfläche das Licht ganz oder nahezu genau in der Richtung der optischen Achse in den Tubus des Instrumentes wirft. Dies kann bei schwachen Objektiven nach Fig. a, bei starken nach Fig. b geschehen. Den Ausdruck „Gerades Licht" benutze ich dann, wenn das Licht senkrecht zur Objektfläche einfällt und ebenso zurückgeworfen wird, wie z. B. in Fig. b. „Schiefes Licht" wird erzeugt, wenn die Lichtstrahlen so geführt werden, daß die Richtung der reflektirten Strahlen nicht mit der optischen Achse des Instrumentes zusammenfällt; Fig. c. Mit schiefem Licht erhält man bei Objekten, deren Details nicht in einer Ebene liegen, Schlagschatten auf den tieferen Ebenen und Lichtkanten auf den höheren, was wir ja schon benutzten. „Diffuses Licht" werde ich die Beleuchtungsart nennen, bei der kein Lichtbündel von bestimmter Strahlenrichtung angewendet wurde, wie dies für Fig. b u. c vorausgesetzt ist, sondern das Licht (Tages- oder Lampenlicht) die senkrecht zur optischen Achse eingestellte Objektfläche in allen Richtungen trifft. Schiefes Licht darf man in den Fällen a und d wohl immer voraussetzen, da man ja immer das Licht von einem Fenster oder einer Lampe ableiten wird.



nicht sehr sorgsam arbeitet, bildete ich in Fig. E 1 d einen Blasenrand ab, der auf seiner rechten Seite einen auf diese Weise entstandenen Saum neben dem scharf ausgeprägten Gefüge zeigt. Auch auf den schärfer geätzten Flächen, wie sie in E 1 a bis f abgebildet sind, kommt das Gefüge zum Vorschein, man vermag die stengelige Ausbildung der Körner (E 1 f) eben noch zu erkennen. Es treten ähnliche unregelmäßige und unregelmäßig angeordnete helle Flächen auf, wie sie für D 1 beschrieben sind (E 1 g und f), die häufig Poren enthalten. Mehr nach der Blockmitte hin treten die Korngrenzen als ganz schmale Adern auf, die erhaben über der dunklen Fläche liegen (E 1 b und c) und die wieder, wie beim Bessemereisen, Poren enthalten. Diese Poren sind immer sehr klein und haben rundliche, bohnen- und birnförmige Umrisse, die unter den früher schon geschilderten Umständen in langgestreckte Gestalt übergehen. In der Blockmitte aber finden sie sich in nesterartigen Anhäufungen, die schließlich in zusammenhängende Hohlräume (Lunkerräume) übergehen und dann (wie bei E 1 a) nierenförmige Lappen begrenzen, die durch die Fragmente von tannenbaumförmigen Krystallen gebildet werden, die man übrigens oft sehr scharf ausgebildet in den Blasen und Hohlräumen der Bruchflächen und Schliffe bemerkt.

Die Schliffe von Martineisen zeigen wieder, wie das Bessemereisen, scharf von einander abgegrenzte blaue und gelbliche Flächen von ähnlichen Farbentönen wie bei letzterem. Das Verhältniß der gesammten hellen Flächen gegenüber den dunklen Theilen nimmt mit wachsendem Kohlenstoffgehalt ab.

Bei den Streifen F 1 kann man den Antheil der hellen Flächen am Gesichtsfeld wohl auf 0,8 bis 0,9 schätzen. Die blauen Flecke sind in sich begrenzt unregelmäßig angeordnet und zeigen eine schmutzige, oft ins Graue spielende Farbe. Die hellen Flächen haben schmutzig gelbe bis gelbbraune Töne. Gegen die Mitte hin zeigen sich viele Poren, die weiterhin zu Knoten mit Aderausstrahlungen zusammentreten, um bald darauf ein grobes Netzwerk zu bilden (F 1 c und d), bei dem eine dunkle, blaue Mittelfurche scharf begrenzt in zwei hellgelben, säumenden Flächen liegt. Diese beiden hellen Säume sind ihrerseits wieder ziemlich scharf gegen die in die gelblichen Flächen der Netzmasche eingebetteten blaßblauen Flecke abgegrenzt (Fig. f, Taf. XIII). Die dunklen, blauen Furchen liegen am tiefsten im Objekt. Die gelben Flächen sind mit zahlreichen feinen Poren bedeckt. In den blaßblauen Flächen der Maschen kommen fast gar keine Poren vor, dagegen finden sich vereinzelte in den blauen Adern.

Der Streifen G 1 zeigt silberweiße Flecke in blauem Grunde, scharf von einander abgegrenzt. Die weißen Flecke sind nahe dem Rande in regelmäßiger paralleler Anordnung, einander oft in nahezu rechten Winkeln, oder auch unter etwa 60° kreuzend angeordnet. Die weißen Flächen überwiegen; ihr Antheil kann auf etwa 0,6 des Gesichtsfeldes geschätzt werden. Zahlreiche feine Poren finden sich namentlich in der hellen Masse. Gegen die Mitte des Streifens hin nimmt letztere einen gelblichen Ton mit bräunlichen Flecken an, weiterhin treten breite gelbliche Adern als Netzwerk auf, dessen Maschenflächen mit hellen gelblichen Flecken dicht besäet sind. Gegen das Streifenende (Blockmitte) hin werden die hellen Adern immer breiter und die Flecke in den Maschenflächen weniger zahlreich. Die Hauptadern sind gegen das Streifenende hin immer mehr mit einem braunen, körnigen, scharf begrenzten Streifen (Mittelfurche) oder mit Porenreihen bedeckt, die schließlich in vollkommen ausgebildete Lunkerfugen übergehen. In den Uebergangsfällen tritt häufig noch eine dritte, scharf ausgeschiedene Masse auf, die sich im mittleren Theil der hellen Adern bildet und die Korngrenze darstellend, meistens die Poren in sich einschließt Fig. 11, 12, 14 Taf. VII u. G 1 a bis f, Taf. XIII. Die hellen Flächen liegen überall höher als die blauen.

Das Martineisen H (Taf. XII, Reihe 1) zeigt im Großen und Ganzen die gleichen Charaktere wie G, nur sind die scharf abgegrenzten, hellen, gelblichen Flächen den blauen noch mehr an Gesammtgröße überlegen; man darf sie auf 0,7 bis 0,8 des Gesichtsfeldes schätzen, sie liegen höher als die blauen. Das Aderwerk ist am Blockrande wirrer, die Netzmaschen sind noch mehr mit kleinen, in sich abgeschlossenen, hellen Flecken bedeckt. Auch am Blockrande herrscht das Netzwerk vor und langgestreckte Kornflächen sind nur wenig erkennbar. Im Uebrigen gilt das vom Martineisen G bereits Gesagte.

Fassen wir das über das Gefüge des gegossenen Flußeisens im Ursprungszustande Gesagte zusammen, so fällt zunächst als Gegensatz zwischen dem Bessemereisen und dem Thomas- und Martineisen auf, daß die hellen Adern bei dem Bessemereisen tiefer, bei den letzten beiden aber höher als die blauen und dunkelgrauen Maschenflächen liegen. Um hierüber noch mehr Gewißheit zu verschaffen, habe ich unter Anwendung einer etwa 180 linearen Vergrößerung die gegenseitigen Höhenlagen direkt ausgemessen, indem ich nach einander unmittelbar benachbarte Theile dieser Flächen scharf einstellte. Die so an verschiedenen Theilen der Objekte mehrfach ausgeführten Messungen ergaben, wenn man die blauen oder grauen Flächen als Ausgangspunkt bezeichnet, daß

	die hellen Adern bei	A	C	D	F	G	H	
im Mittel	höher	—	—	0,0002	—	—	0,0023	mm
	tiefer liegen um	0,0054	0,0006	—	0,0006	0,0012	—	"

Zuverlässig haben diese Messungen allerdings nur für A und H einen Gegensatz ergeben, denn die Ergebnisse von C bis G liegen noch innerhalb der Fehlergrenzen der Methode. Ich messe übrigens den früher angegebenen Merkmalen für die Höhenlage der Flächen größere Beweiskraft bei, wenn ich auch nicht verfehlen darf, darauf aufmerksam zu machen, daß die gleichen Erscheinungen eintreten müssen, sobald wie Fig. h zeigt, am Uebergang der einen Fläche zur andern sich ein scharfer vertiefter Rand bildet, was an sich nicht wahrscheinlich ist und auch nicht erwiesen werden konnte. Sowohl wenn die dunkle Fläche a tiefer als auch dann, wenn sie höher liegt als die helle b, muß sich nun bei l eine Lichtkante und bei s ein Schlagschatten bilden. Ich habe übrigens auch in anderen Fällen schon sehr deutlich die Adern nach dem Aetzen tiefer liegend als die Maschenflächen gefunden.

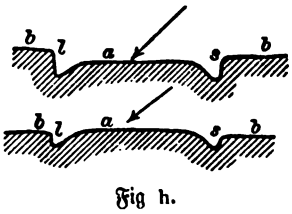


Fig h.

Ein besonderes Probestückchen aus der Platte F habe ich in zwei Theile getheilt und das eine (a) im ursprünglichen, das andere (b) im abgeschreckten Zustande mit Salpetersäure in Aether-Alkohol (etwa 1 : 50 + 50) stark geätzt. Die Aetzung von a war außerordentlich scharf und die sehr stark zerfressene Oberfläche des Schliffes spiegelblank; sie zeigte außerordentlich zarte Details der Flächen. Die Ausmessung der Höhenlagen ergab, daß die Punkte b u. c gegen den Punkt a in Fig. i (Taf. XIII) um 0,0122 resp. 0,0221 mm tiefer liegen. Der mit a bezeichnete Rücken entspricht den hellen Adern, b und c entsprechen den dunklen Maschenfeldern des Martineisens F. Das zweite Stückchen b wurde weißglühend gemacht, dann schnell abgekühlt und in gleicher Weise wie a geätzt. Das Gefüge ist in Fig. 20 Taf. VII in 200/1 abgebildet. Die weißen Flächen sind erhaben, die schwarzen vertieft.

Betrachtet man die Objekte bei stärkerer Vergrößerung (Apochromat Ap. 0,30 mit Kompensationsokular 12 von Karl Zeiß-Jena d : c etwa 180 linear), so kann es nicht entgehen, daß die blauen und dunklen grauen Flächen aller besprochenen Eisenproben im

Großen und Ganzen ein körniges Gefüge haben. Dieses Korn tritt bei schwachen Aetzungen, wie ich sie in der Regel anzuwenden pflege und wie sie bei allen Objekten für Taf. IX—XII ausschließlich stattgefunden hat, nicht immer mit Gleichmäßigkeit und Regelmäßigkeit hervor. Am deutlichsten pflegt es am Rande der dunklen Flächen zu sein. Hier kann man zuweilen ein Ineinanderfließen der Körner zu einer Art von Schichtung erkennen, zuweilen bilden sich aber federartige Anordnungen, wie man sie auf den Oberflächen von Spiegeleisenkrystallen[1]) zu finden pflegt. Aetzt man sehr stark, wie bei der Probe a von F, die der Fig. i (Taf. XIII) zu Grunde liegt, so findet man in den hellen Aderflächen (Punkt a in Fig. i, Taf. XIII) sehr deutlich, daß der gegen die Salpetersäure in Aether-Alkohol widerstandsfähigere Gefügetheil auf seinen Querschnittsflächen (Fläche a) außerordentlich scharf diese feder- und aststörmigen, zuweilen aber auch körnigen Aetzfiguren zeigt, ein Zeichen dafür, daß selbst dieser Bestandtheil, wenn auch nur schwer, von der stark in Aether-Alkohol verdünnten Salpetersäure angegriffen wird. Körnige Beschaffenheit der weißen Flächen deutet z. B. auch die Photographie Fig. 7 Taf. VII an. Im Allgemeinen ist es aber recht schwer, diese Details durch die Photographie so wieder zu geben, daß diese ein ganz klares Bild von der Beschaffenheit der Oberflächen entwirft; man hat es mit Flächen zu thun, die sehr schmale Lichtbüschel entsenden, Licht und Schatten wechseln daher bei Verstellung des Tubus, wie es scheint wegen der Bildung von Interferenzstreifen, und man bekommt nur bei sehr scharfer Einstellung in einzelnen Punkten des Bildes so klare Zeichnungen, daß wohl das sich accomodirende Auge, nicht aber die photographische Platte die Details klar erfaßt. Um diese Schwierigkeiten zu beleuchten, habe ich die Figuren 15—18 (Taf. VII) und 19 (Taf. VII) angefertigt; man sieht, sie können einem Fremden kaum eine Vorstellung von den wahren Verhältnissen machen und lassen von den besprochenen oder noch zu besprechenden Details nur sehr wenig erkennen, obwohl sie mit größter Mühe und Aufbietung aller Kunstgriffe gefertigt wurden. Die Zeichnung Fig. i (Taf. XIII) dürfte wohl bei Jedermann eine einigermaßen zutreffende Anschauung erzeugen; namentlich wenn sie aus der Entfernung betrachtet wird.

Die körnige Beschaffenheit des Materials, daß die dunklen Flächen der Maschen bildet, scheint aus dem Aussehen der tief geätzten Flächen hervorzugehen, wie sie z. B. bei b u. c Fig. i (Taf. XIII) gezeichnet sind; auch Fig. 18 (Taf. VIII) wird wohl einigen Anhalt geben. Ob aber diese körnige Struktur der Masse diesen dunklen Maschenflächen an sich eigen ist, was auch ich annehme, kann nur dann durch das Aussehen der fraglichen Flächen erwiesen werden, wenn sicher ist, daß sie z. B. die gezeichneten Flächen b und c noch Restflächen des leichter angreifbaren Bestandtheils sind. Die schrägen Flächen, die von den erhabenen Theilen zu den tiefer gelegenen laufen, sind nämlich ebenfalls oft mit Körnern bedeckt, wenn auch im Allgemeinen längliche, gleich gerichtete Wulste und federartige Figuren vorherrschen, wie sie oben, als den Querschnittsflächen der widerstandsfähigen Masse eigen, geschildert worden sind. Diese Uebergangsflächen stellen in ihren oberen Theilen wohl ziemlich gewiß die freigelegten Oberflächen der widerstandsfähigen Masse dar, und man kann sehr wohl in Zweifel kommen, ob die Ursache der Körnung dieser Flächen darin zu suchen ist, daß die körnige Struktur dem einen oder dem andern der beiden durch schwache Säuren trennbaren Bestandtheile eigen ist, oder ob etwa beide gleichen Aufbau haben. Erstarrt der eine früher als der andere, so wird die zuletzt erstarrende Masse an ihrer Oberfläche voraussichtlich die Formen der bereits erstarrten

[1]) Wie ich sie z. B. in meiner Arbeit „Über die Mikrostruktur des Spiegeleisens" beschrieb und mehrfach abbildete.

Masse einhüllen, wenn nicht letztere etwa weich bleibt, so daß sich dann die vielleicht härteren Körner der zuletzt erstarrten Masse in der noch plastischen Masse des anderen Bestandtheiles abbilden. Jedenfalls darf man, wie man sieht, auf die innere Struktur der einen oder der anderen Masse aus den Erscheinungen an stark geätzten Schliffen noch keine Schlüsse ziehen. Der Beweis für die Art des Gefügebaues in der einen oder der anderen Masse kann nur dann als erbracht angesehen werden, wenn es gelingt, auf irgend eine bestimmte Weise jedesmal und unzweifelhaft an schwach geätzten Flächen für gleiches Material und gleichen Zustand immer wieder genau die gleichen Erscheinungen zu erzielen.

Verfolgt man die Erscheinungen an den geätzten Flächen und an Probestreifen unter starker Vergrößerung noch weiter, so bemerkt man zunächst, daß das, was wir früher als Poren bezeichneten, zum kleinen Theil sich als dunkelgraue ebene, mehr oder minder runde Flächen darstellt, die also eingebetteten Körpern zu entsprechen scheinen; zwei solcher Flächen sind im Zusammenhang mit einer wirklichen Pore bei a am rechten Rande von Fig. 14 abgebildet. Ob diese Einschlüsse Schlacken oder eine andere Masse darstellen, habe ich mit Bestimmtheit noch nicht ermitteln können, jedenfalls unterscheiden sie sich von der sonst fast immer kreisrunden Form der unzweifelhaften Schlackeneinschlüsse in gegossenem Flußeisen, Fig. D 3 a, 4 a. Bei gewalztem Flußeisen nehmen die Schlackeneinschlüsse unter dem Druck der Walzen langgestreckte Querschnittsformen an.

Die mehrfach gefundene hellere Masse in den hellen Adern (vgl. z. B. Fig. g, Taf. XIII), die fast immer sehr scharf getrennt von der umgebenden Masse auftritt, dürfte sehr wahrscheinlich wiederum einen besonderen Gefügebestandtheil bilden, indessen bin ich bis jetzt nicht im Stande, hierfür unumstößlichen Beweis zu liefern. Vielleicht giebt aber der Umstand einen Anhalt, daß die von Grenzflächen der Körner ausgehenden, namentlich an den Blatträndern in regelmäßiger Anordnung auftretenden, in die Korn-(Maschen-)flächen hineingreifenden parallelen Streifen häufig etwas weniger scharf gegen den Maschengrund abgegrenzt erscheinen, als die eigentlichen Grenzflächen der Körner. Von den Figuren k u. l, Taf. XIII (mittelharter Tiegelgußstahl 0,4 % c von Bochum, mit Salzsäure in Wasser geätzt), zeigt Fig. k bei 50facher Vergrößerung, wie die Korngrenzen aus unzusammenhängenden, scharf ausgebildeten weißen Flächen bestehen, von denen jene parallelen Streifen ausstrahlen, ohne mit ihnen zusammen zu hängen.

Für die Entstehung und Ursache der mehrfach beschriebenen und abgebildeten, oft recht scharf ausgeprägten blauen und bräunlichen Mittelfurchen in den Adern des Netzwerkes mag ich zur Zeit keinen besonderen Gefügebildner in Anspruch nehmen; man wird die Sache weiter studiren müssen.

Die Art der Aetzung, ob schwach oder stark, hat immerhin einen bemerkbaren Einfluß auf die Erscheinung des Gefüges, wenn hierdurch auch die charakteristischen Eigenschaften meistens nicht beeinträchtigt werden. Daß dies aber dennoch möglich sein dürfte, hat mir eine Erfahrung gezeigt, die ich früher beschrieben [1])

Aber abgesehen von der Stärke der Aetzung hat auch die Art des Aetzmittels einen unverkennbaren Einfluß auf das Aussehen des zu Tage tretenden Gefüges. Dies bemerkt man unter anderem leicht, wenn man die Fig. 23—25 und 28—30 Taf. VII mit den von

[1]) „Stahl und Eisen" 1892, S. 414. „Das Gefüge der Schienenköpfe." „Beim Beginn des Aetzens trat nämlich ein ganz anderes Bild zu Tage, als es später verblieb, und zwar hatte die Art des Aetzens, ob mit Salzsäure in Wasser oder in Alkohol, scheinbar keinen Einfluß auf die Erscheinung. In der Kopffläche erschien ein verworrenes, ohne deutliche Richtung entwickeltes Bild von Skeletten des tannenbaumförmigen Krystalles, wie man es nach dem Aetzen auf den Schliffen von gegossenem und unbearbeitetem Stahl zu finden pflegt. Die Grenzen

den gleichen Blockquerschnitten entnommenen Streifenbildern B 1 und A 1 vergleicht. Die Streifen sind mit Salzsäure in Wasser geätzt, die Plattenabschnitte aber, die die vorgenannten Figuren lieferten, waren mit Salpetersäure in Aether (etwas wasserhaltig) geätzt. Die letztere Art der Aetzung hat Platten mit einem ungefärbten dunklen Grunde geliefert, aus denen sich die hellen Flächen sehr scharf abheben; allerdings sind auch diese hellen Massen von der Säure angegriffen, denn die im Streifenblide A 1 f u. B 1 f bemerkbaren feinen weißen Linien in den Kornflächen fehlen und statt der blauen feinkörnigen Schicht zeigen die Platten ein sehr viel gröberes Korn, durch vertiefte Adern in Fig. 25 und 30 eben erkennbar, in Fig. 26 aber deutlicher sich bemerkbar machend. Ferner isoliren sich bei Aetzung mit Salpetersäure die weißen Theile weit schärfer zu unzusammenhängenden Punktreihen (Fig. 27). Auch die Aetzung mit Salzsäure in Alkohol giebt eine außerordentlich scharfe Trennung von zwei Gefügebildnern, die sich ganz besonders für die photographische Abbildung eignen, weil der Grund ganz dunkel und die weniger angreifbaren Theile leuchtend weiß erscheinen (vergl. Fig. 31 und 33 Gefüge einer Bessemerschiene).

Uebrigens machen sich die verschiedenen Gefügetheile oft auch durch bloßes Poliren bemerkbar, namentlich wenn man auf weichen Unterlagen (z. B. weichem Gummi) polirt (Fig. 32), indem die weichen Theile sich gegen die harten vertiefen.

Die hier mitgetheilten Erfahrungen dürften beweisen, daß man den Aetzmethoden noch eine große Aufmerksamkeit schenken muß. Man kann, wenn man sich auf eine einzige, womöglich unvollkommen angewendete Methode verläßt, leicht zu falschen Schlüssen kommen, wie ich in meiner mehrfach angeführten Arbeit über das „Gefüge der Schienenköpfe" nachwies.

Man wird bemerkt haben, daß ich mich absichtlich fern davon gehalten habe, für irgend einen der von mir beschriebenen Gefügebestandtheile besondere Bezeichnungen einzuführen, oder näher auf das einzugehen, was andere vor mir bereits gefunden und ausgesprochen haben; man wolle mir das nicht zur Last legen, ich will damit Niemandes Verdienst schmälern, aber ich möchte frei sein und nur das zur Anschauung bringen, was ich unmittelbar von meinen hier besprochenen Objekten ableiten kann. Die vielen angenommenen Bezeichnungsweisen, die aufgestellten Theorien über Gefügeaufbau und über den Antheil der einen oder anderen Art des Kohlenstoffes an der mikroskopischen Struktur, sowie über die innere Struktur selbst, können eine sichere Grundlage, wie ich in der Einleitung schon hervorhob, nur dann gewinnen, wenn die eigentliche Mikroskopie der Metalle zu einem wirklich brauchbaren und zuverlässigen Rüstzeug emporgehoben ist, mit dessen Hülfe man mit Sicherheit die einzelnen Bestandtheile genau charakterisiren und immer wieder unzweifelhaft und klar feststellen kann. Dazu gehört noch jahrelange zielbewußt und einsichtsvoll geführte Arbeit. Wie weit wir z. B. auf dem Gebiete der Erforschung des Kleingefüges von Eisen noch vom Ziele entfernt sind, wird jeder besonnene Leser aus den zahlreichen Widersprüchen entnehmen, in die die verschiedenen Forscher mit sich und anderen oft gerathen. Die halbfertige, durch kunstvolle in den Gegenstand hineingetragene und nicht aus ihm heraus entwickelte Theorien noch mehr ver-

der Figuren waren nicht scharf ausgeprägt; die Zeichnungen lagen gewissermaßen wie ein Hauch auf der Fläche." (Man wolle Taf. IX u. X Reihe 4 in Vergleich ziehen.) „In der Stegfläche und im Uebergang zum Kopf trat eine etwas deutlichere Streifung parallel zur Symmetrie-Achse des Profils auf." . . . . „Man gewinnt fast die Ueberzeugung, daß das zuerst erscheinende Gefüge den Verschiebungen der Massentheilchen unter der mechanischen Wirkung der Walzen, das alsdann auftretende Netzwerk (hell auf dunklem Grunde, vergl. Fig. 31 bis 33 Taf. VIII) den chemischen Vorgängen beim Abkühlen der Schienen (nach dem Walzen) sein Dasein verdankt."

wirrte Sachlage hat falsche Anschauungen gezeitigt, die in Lehrbücher der Eisenhüttenkunde übernommen, leider verhältnißmäßig wenig Nutzen aber manchen Schaden stiften werden.

Ich fürchte, die Geduld der Leser schon zu sehr in Anspruch genommen zu haben, aber es wird nothwendig sein, doch, wenn auch nur ganz kurz, auf das durch die Erhitzung und verschiedenartige Abkühlung veränderte Gefüge einzugehen, wie es in den drei unteren Reihen der Taf. IX—XII abgebildet ist.

Das Bessemereisen zeigt in den Streifen 2, die bekanntlich vom Ende her erhitzt und in Wasser abgeschreckt sind, bei starker Vergrößerung (Apoch. 0,30 und Okular 12) außerordentlich scharf ausgeprägte feine Körnung auf allen Flächen, sowohl auf den dunklen als auch auf den wenigen hellen und unscharf begrenzten Flecken, die sich an dem, mit der Zange gehaltenen Ende der Proben bemerkbar machen (A 2 f). Die Körnung hat an den nicht erhitzten Enden immer eine ganz wirre Anordnung, und man bemerkt in dieser Beziehung kaum Unterschiede zwischen dem hellen und dunklen Gefügetheil. Der helle Theil wird gegen die Streifenmitte hin immer verschwommener und giebt die regelmäßige Anordnung der Flecke immer mehr auf, die anfangs noch die Korngrenzen ganz gut erkennen läßt (A 2 g und f, B 2 f). Nahe der Mitte verwischen sich die Grenzen noch mehr, und man bemerkt in der ganz gleichmäßigen Körnung eigentlich nur noch dunkle Schatten, die ein tannenbaumförmiges helleres Gerippe einschließen. In den Korngrenzen nahe dem Blockrande findet sich zuweilen ein heller Streifen, der sich durch seinen anderen Glanz und durch Reihen von rundlichen Poren von der übrigen hellen Masse unterscheidet. Gegen die Streifenmitte hin ordnen sich diese glänzenden Massen in den Zweiglücken des Tannenbaumes häufig als Kern der dunklen Schatten an (Fig A 2 g, rechte Seite); auch die Poren finden sich in diesen Lücken, sodaß es den Anschein gewinnt, als ob diese hellen Theile und die Poren aus der Masse ausgeschieden und in die Korngrenzen gedrängt wären. Das körnige Gefüge der Masse nimmt einen immer regelmäßigeren Charakter an, je mehr man sich dem erhitzten Ende nähert. Indessen ist es bei den Proben A und B recht schwer, diese Regelmäßigkeit zutreffend zu beschreiben oder gar zu zeichnen. Die Körner werden länglicher und nehmen zuweilen die schon beschriebene Federform an, man kann selbst getrennte Flächen ohne scharfe Grenzen erkennen, die sicher nur der geordneten Lagerung der Körner ihre Erscheinung verdanken. Fig. 34, Taf. VIII. Bei C hingegen, welcher kohlenstoffreicher, vielleicht aber auch stärker erhitzt ist als A u. B, sieht man schärfer abgegrenzte Flächen, auf denen sich die Körnchen streifenweise in parallelen Lagen anordneten, die auf den Nachbarflächen verschiedene Richtung zeigen. Fig. 35, Taf. VII. Eine deutliche Schichtung in abwechselnd weichen und harten Plättchen, wie man sie z. B. bei dem Manganstahl (Fig. 21, Taf. VII in $^{800}/_{1}$) abgebildet findet, vermag ich allerdings nicht zu erkennen. Ich will auch noch anführen, daß das allmähliche Verschwinden und Auflösen der hellen Flächen gegen die Streifenmitte hin, es mir schwer macht, an eine bestimmte Zusammensetzung des Eisenkarbids zu glauben, für das man in der Regel die hellen Flächen auszugeben pflegt.

Bei den Thomaseisenproben D 2 und E 2 zeigt sich auf der ganzen Fläche eine gleichförmige, unregelmäßige Körnung, die nirgends in eine streifige Anordnung übergeht und deren Korn im Ganzen wohl etwas feiner sein wird als bei den Bessemereisenproben A 2, B 2 und C 2. Am Blockrande heben sich aus der dunkler gekörnten Fläche scharf begrenzte, fangs glatte, helle Flecke ab (D 2, E 2 g und f). Gegen die Streifenmitte werden die enzen unscharf, die Flecke bekommen ein matteres Aussehen, die Körnung tritt hervor und ßlich verschwinden die hellen Flächen fast in den dunklen, auf denen sich gegen das er-

hitzte Ende hin schließlich ein mattes, dunkles Aderwerk ohne scharfe Grenzen bemerkbar macht, E 2 b. Die bei E 2 c angedeuteten hellen Flecke dürften von weniger starker (mangelhafter) Aetzung herrühren, wenigstens vermag man unter dem Mikroskop im Gefügebau keine nennenswerthe Unterschiede zu finden.

Das Martineisen zeigt in der dunklen Masse durchweg eine gleichmäßige Körnung, die nirgendwo in regelmäßige Anordnung oder Schichtung übergeht. Zwischen F 2 und den Streifen G 2 und H 2 besteht ein Unterschied. Bei F 2 sind die hellen Flecke am Rande außerordentlich scharf ausgebildet Fig. f und g. Sie verlieren, wie früher geschildert, allmählich die Grenzen, fangen an körnig zu werden und schließen zwischen sich dunkle unscharfe Adern ein, die gegen das erhitzte Ende hin immer verschwommener werden. Bei G 2 und H 2 ist am Blockrande das Gefüge nicht scharf ausgebildet, wie es scheint wegen nicht ausreichend starker Aetzung, dann kommt eine Zone, wo die hellen Flächen sich ziemlich scharf abheben. Die dunklen körnigen Flächen bilden das Aderwerk und Korngrenzen. (Ich unterscheide zwischen dem Korn des makroskopischen Gefügebaues der Bruchfläche und der Körnung, körnige Fläche des mikroskopischen Aufbaues der dunklen (und der hellen) Masse). Die hellen Flächen liegen als Inseln in den dunklen. Die Gegensätze zwischen hell und dunkel treten in der Photographie in den gekörnten Flächen stärker hervor als unter dem Mikroskop. Bei G 2 und H 2 sind anfangs die weißen Flächen ziemlich fein vertheilt und vielfach noch von dunklen in sich begrenzten Flächen bedeckt. Gegen die Streifenmitte werden die hellen Flächen massiger. Sie tragen vielfach Zeichen einer zu schwachen Aetzung, so daß vermuthlich die weißen Flächen auch wohl vollkommen die Körnung der dunklen gezeigt haben würden, wenn die Aetzung stärker ausgeführt worden wäre. Eine auffallende Erscheinung bietet der Streifen H 2 insofern, als etwa bei c und b einzelne der feineren Körnchen der hellen Masse ganz leuchtend weiß in der dunklen Körnung erscheinen. Diese sehr kleinen Flächen sind ziemlich regelmäßig angeordnet und in der Masse netzförmig vertheilt, wenn sie einzeln auch verhältnißmäßig weit auseinander stehen. Sie haben fast niemals eine rundliche Gestalt, sondern sind meist länglich, winkelförmig, zackig und verästelt.

Bei den vom Ende her erhitzten und dann langsam abgekühlten Streifen vom Bessemereisen (A 3, B 3 und C 3) macht sich wieder eine sehr gute und ausgeprägte Färbung bemerkbar. In der körnigen, dunklen Masse liegt eine leuchtend gelbe, ebenfalls, wenn auch etwas geschlossener körnige Masse als großmaschiges Aderwerk, das am Blockrande im nicht stark erhitzten Ende des Streifens deutlich die ursprünglichen Korngrenzen zeigt. Die dunkle Masse besteht aus Körnchen von verschiedener Färbung, die von dunkelblau in allen Anlauffarben bis zum dunklen strohgelb spielen. Häufig glaubt man in der dunklen Masse eine netzartige feinmaschige Aneinanderreihung gleichgefärbter Körner wahrzunehmen, die gegen das erhitzte Ende hin endlich ganz deutlich hervortritt; so daß in dem Aderwerk der Hauptmaschen noch ein feinmaschiges Netzwerk liegt. A 3 b und c zeigt dies deutlich, während in den [illegible] bildungen B 3 und C 3 diese Details verschwinden.

Das Thomaseisen D 3 zeigt durchweg eine hellgrau glänzende körnige [illegible] rundliche, dunklere, graue Flecke eingefressen sind, die zuweilen noch einen [illegible] in der Mitte erkennen lassen. Weitere Details sind nicht vorhanden. [illegible] besteht gleichfalls aus einer hellgrauen glänzenden körnigen Masse, in welc[illegible] Flächen eingebettet sind, die am Blockrande deutlich die Kornform erkenn[illegible] Streifenmitte hin vertheilen sich die dunklen Massen immer mehr über [illegible] anfangs die hellen Theile den größeren Theil des Gesichtsfeldes einnehm[illegible]

sie hier kaum 0,4 davon in Anspruch. Noch weiterhin treten dunkle, schwarz erscheinende Poren auf, die hauptsächlich in der hellen Masse liegen E 3 a, c, d und e. Tannenbaumförmige Skelette finden sich an einem Blasenrande E 3 b; gestreifte Stellen in der Körnung an keiner Stelle.

Beim Martineisen liegt in einer dunklen, schmutzig gefärbten, körnigen Masse ein helles Aderwerk von ebenfalls körnigem Aufbau, daß meistens die vorhandenen Poren in sich aufnimmt und an den Stellen, wo es sich massiger entwickelt, auch eine weiße zusammenhängende Ausscheidung zeigt, die scharf begrenzt in der Adermitte liegt, G 3 e. Die Grenzen des Netzwerkes sind anfangs scharf, gegen die Mitte hin und darüber hinaus werden sie etwas unschärfer, aber das Netz ist überall deutlich zu erkennen. Gegen das erhitzte Ende hin sind auf den Maschenflächen Aderungen bemerkbar, die entweder sich dunkler auf dem dunklen Grunde als zusammenhängende Linien abheben oder sich aus vielgestaltigen Körnungen zusammenreihen. Die Körnungen haben bei allen drei Martineisenstreifen F 3, G 3 und H 3 keine rundlichen Formen, sondern zeigen unregelmäßige federförmige Zeichnungen.

Die Streifen 4 von Bessemereisen sind alle drei, wie es scheint, nur schwach geätzt, weil die hellen Flächen die Körnung nur sehr schwach erkennen lassen. Da indessen während des Aetzens eine außerordentlich scharf ausgeprägte tannenbaumförmige Zeichnung erschien (siehe die Streifenbilder Taf. VIII), so wurde die Aetzung leider zu früh unterbrochen. Bei der Betrachtung unter dem Mikroskop verschwindet die Schärfe der Begrenzungen ganz erheblich. Man bemerkt, daß die Tannenbäume durch helle Flächen als Gerippe gebildet sind, in dessen Lücken sich Poren, umgeben von einem dunklen Hauch, befinden. Die Poren machen nur zum Theil den Eindruck, als ob sie von vorne herein als Höhlungen vorhanden gewesen seien. Sie zeigen zumeist zerfressene Ränder, und in ihnen hat die Säure immer deutlich das körnige Gefüge bloßgelegt, das hier nur selten rundliche Höcker, viel häufiger aber unregelmäßig begrenzte federartige Anordnung zeigt.[1]) Die dunklen Flächen haben häufig, aber nicht immer den gleichen körnigen Aufbau. Die Abbildungen in den Reihen 4 von A, B und C geben den allgemeinen Charakter sehr gut wieder, wenn ihn die Photographie vielleicht auch etwas zu scharf markirt.

Einen ganz andern allgemeinen Charakter zeigen die Streifen 4 vom Thomaseisen D und E, wie man schon aus den Photographien erkennen wird. Bei ihnen ist eine gleichmäßige dunkle, gekörnte Masse vorhanden, die nur mit unzähligen rundlichen Poren bedeckt ist, die ganz unregelmäßig über die Fläche zerstreut sind und durchaus den Eindruck machen, als ob die Säure an irgend einem beliebigen Punkte angesetzt und um ihn herum das Material fortgefressen hätte. Man kann nicht die Ueberzeugung gewinnen, daß die Vertiefungen hier dem Gefügeaufbau des Materiales folgen, ihre Anordnung scheint dem Zufall überlassen zu sein. Nur hier und da ordnen sich die Poren zu Netzknoten zusammen; niemals aber bemerkt man tannenbaumähnliche Gruppen.

Auch beim Martineisen machen die Poren den gleichen Eindruck wie beim Thomaseisen, [illegible] sie sind nesterweise bei einander in den Netzknoten verdichtet und mehr den Netzlinien [illegible]lang als über die Maschenflächen verbreitet. Die Maschen sind beim Martineisen F 4 [illegible]mentlich gegen das angelassene Ende hin mit einem feinen dunklen Aderwerk überzogen, [illegible]helle Flecke ziemlich scharf begrenzt. Die hellen wie die dunklen Massen und der Poren[illegible]eigen deutlich die Körnung.

[1]) auf den Streifen 2 und 3 auftretenden Poren zeigen übrigens vielfach ähnliche Erscheinungen.

Ich muß meine Arbeit hier zum Abschluß bringen, weil ich den Liefertermin nun schon um mehrere Wochen überschritten habe. Leider war es mir nicht möglich, einige fragliche Punkte noch aufzuklären. Ich bedaure dies um so lebhafter, als die nun wieder in ihr Recht tretenden, bisher zurückgehaltenen Geschäfte es mir für die nächste Zeit nicht mehr erlauben werden, mich mit mikroskopischen Arbeiten zu beschäftigen. Indessen hoffe ich, das hier schuldig Gebliebene nachholen zu können; ich hoffe auch, daß die Auslassungen der berufenen Männer, denen meine Arbeit vorgelegt werden wird, mich in meinem Streben fördern und mir neue Anregung zu weiterem Forschen geben werden.

---

2. Untersuchungen über den Einfluß der Wärme auf die Festigkeitseigenschaften von Metallen.

Vom stellvertretenden Vorsteher M. Rudeloff.

Im Auftrage der Kaiserlichen Werft zu Wilhelmshaven wurden in der Versuchsanstalt während des Jahres 1892 umfassende Zerreißversuche zur Ermittelung des Einflusses der Wärme auf die Festigkeitseigenschaften verschiedener Metalle angestellt, deren Ergebnisse mit Genehmigung der Antragstellerin im Nachstehenden besprochen sein mögen.

I. Das Versuchsmaterial.

Von der Kaiserlichen Werft wurden unmittelbar an die Versuchsanstalt eingeliefert:

1. eine Stange Schweißeisen von 35 mm Durchmesser und 3 m Länge;
2. eine Stange Martinstahl (für Stehbolzen verwendet) von 37 mm Durchmesser und 3 m Länge;
3. eine Stange Kupfer von 26 mm Durchmesser und 3 m Länge;
4. eine Stange vierprozentige Manganbronze im gewalzten Zustande von Paul Speyer in Breslau von 30 mm Durchmesser und 3 m Länge;
5. eine Stange Deltametall im gewalzten Zustande von der Deltametall-Gesellschaft Alexander Dick in Düsseldorf von 32 mm Durchmesser und 2,35 m Länge;

6a. ein Barren Deltametall (Rohguß, in Sand gegossen) 420 mm lang und 70×70 mm im Querschnitt;

7. eine Stange fünfzehnprozentige Manganbronze, in eiserner Coquille gegossen, von 60 mm Durchmesser.

Zu 6 wurde ferner ein zweites Stück (b) von den gleichen Abmessungen, wie oben angegeben, durch die Deltametall-Gesellschaft zu Düsseldorf nachgeliefert.

Nach dem Antrage sollten die Versuche bei Zimmerwärme bei 100, 200, 300 und 400 C° angestellt werden, und zwar waren bei jedem dieser fünf Wärmegrade von den oben unter 1—6 genannten Materialien je drei Zerreißversuche auszuführen. Mit der 15prozentigen Manganbronze (Nr. 7 der obigen Zusammenstellung) hatte die Kaiserliche Werft Zerreißversuche bei Zimmerwärme bereits selbst angestellt, wobei die Zugfestigkeit des Materials zu 32,2 bis 32,9 kg/qmm ermittelt war. Im Antrage war daher für diese Bronze von weiteren Zugversuchen bei Zimmerwärme ganz Abstand genommen; auch sollte bei den übrigen Wärmegraden nur je ein Versuch angestellt werden. Zur Ausführung ge-

langten indessen je ein Versuch bei Zimmerwärme, sowie bei 300 und 400 C° und je zwei Versuche bei 100 und 200 C°.

Mit dem gewalzten Deltametall (Nr. 5 der obigen Zusammenstellung) konnten dem vereinbarten Arbeitsplan entgegen nur zwei Versuche bei Zimmerwärme angestellt werden, weil das eingelieferte Material nur für 14 statt der $5 \times 3 = 15$ vorgesehenen Versuche hinreichte. Die Wahl der bei Zimmerwärme anzustellenden Versuchsreihe für die nothwendige Kürzung erschien um deswillen zweckmäßig, weil die Versuchsausführung bei dieser Wärmestufe am zuverlässigsten war.

Die Entnahme der einzelnen Zerreißstäbe aus den eingelieferten Probestücken und deren weitere Bearbeitung erfolgte auf kaltem Wege in der Versuchsanstalt. Die oben unter 1—5 genannten Stangen wurden mit Rücksicht auf die zur Anwendung kommende Stabform in Abschnitte von etwa 170 mm Länge zerlegt und die entfallenden Stücke der Reihe nach, und zwar die Schweißeisenproben mit 1—15, die Martinstahlproben mit 16—30, die Kupferproben mit 31—45, die Manganbronzeproben mit 46—60 und die Proben aus gewalztem Deltametall mit 61—74 gezeichnet. Die beiden zu Nr. 6 gehörigen Probestücke aus gegossenem Deltametall und die Probe Nr. 7 aus 15prozentiger Manganbronze wurden zunächst durch zwei zu einander senkrecht stehende Längsschnitte in vier Stücke zerlegt und von diesen dann wieder Abschnitte von 170 mm Länge entnommen. Hierbei entfielen aus den Proben 6a und 6b je acht Stäbe, welche, mit den Stücken aus 6a beginnend, derart mit den Stabnummern 76—90 versehen wurden (der sechszehnte Stab blieb ohne Zeichen), daß immer die vier Stäbe mit aufeinanderfolgenden Nummern in der angelieferten Probe nebeneinander gelegen waren.

Die gleiche Nummerfolge wurde bei den Stäben aus der Probe Nr. 7 gewählt. Hergestellt wurden aus ihr 10 Stäbe (Nr. 91—100); die zum Versuch nicht verwendeten wurden aufbewahrt.

Um nun den Einfluß etwa vorhandener Ungleichmäßigkeiten im Material auf die später zu vergleichenden Mittelwerthe für die verschiedenen Wärmestufen möglichst auszuscheiden, erfolgte die Probenauswahl derart, daß immer von den 15 hintereinander entnommenen Stäben gleichen Materials der erste, sechste und elfte bei Zimmerwärme, der zweite, siebente und zwölfte bei 100 C° u. s. w. untersucht wurden. Geringfügige Abweichungen von diesem Vertheilungsplan sind aus den in Tab. 3 enthaltenen Angaben der Stabnummern zu ersehen. Die Stäbe 14, 19 und 23 wurden in Folge mangelhafter Wirkung der Wärmevorrichtung oder der Meßapparate oder wegen anderweitiger Unzuträglichkeiten beim Versuch unbrauchbar und durch neue Stäbe ersetzt. Diese Ersatzstäbe wurden hinter dem fünfzehnten Stab derselben Stange entnommen, erhielten aber die gleichen Nummern wie die unbrauchbar gewordenen, unter Hinzufügung des Zeichens »a«.

II. Die Versuchsausführung.

A. Die Einrichtungen.

Sämmtliche Versuche wurden bei senkrechter Lage der Stäbe auf der Festigkeitsprobirmaschine von Prof. A. Martens für 50 000 kg Kraftleistung ausgeführt. Die Stäbe erhielten die in Fig. 1 dargestellten Abmessungen. Die Wahl dieser kleinen Stabform, auf deren Herstellung ich später noch zurückkommen werde, war geboten, weil die vorhandene Probenmenge für längere Stäbe nicht hinreichte und weil der ursprüngliche Durchmesser der einzelnen Stangen mit Rücksicht auf die zur Einspannung erforderliche Verstärkung

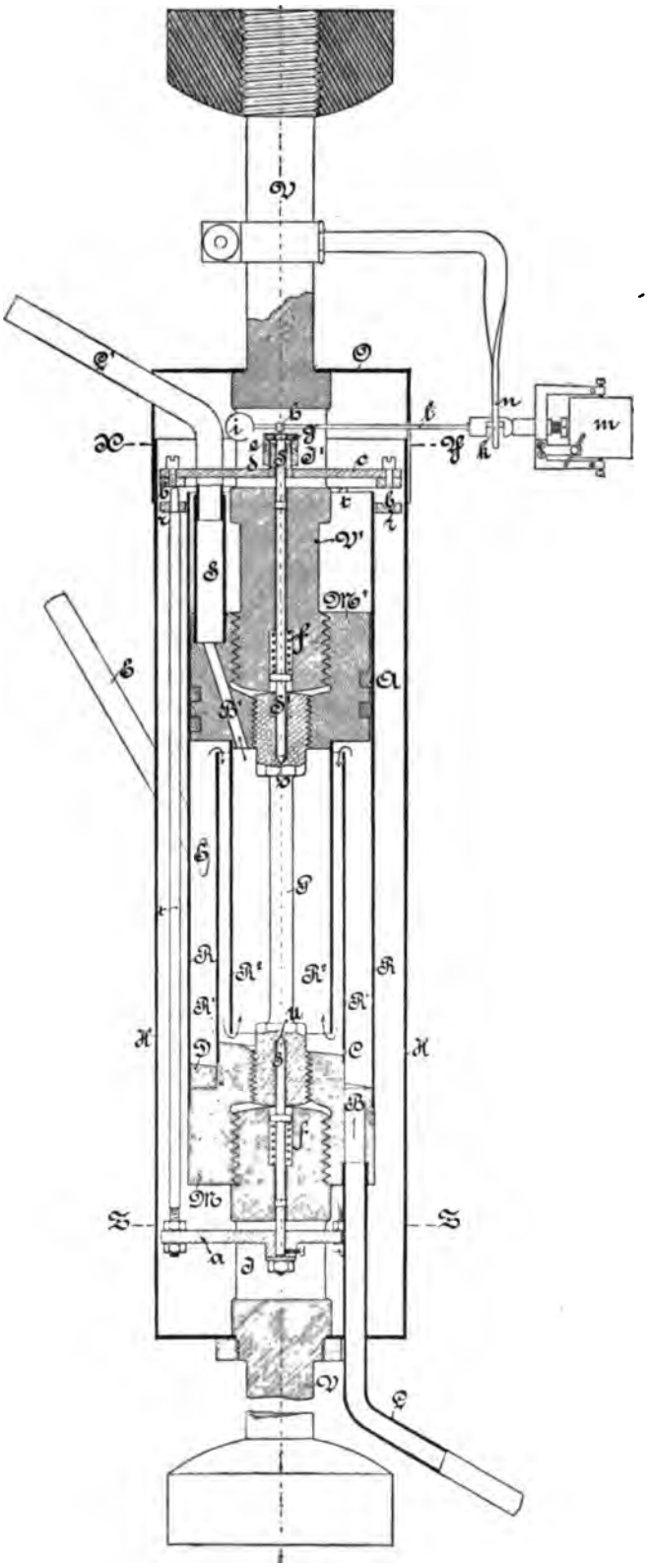


Fig. 2. Schnitt durch die Mitte.

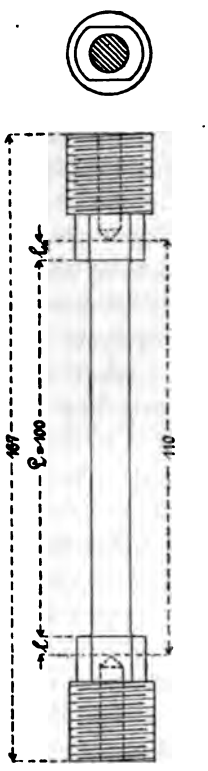


Fig. 1.

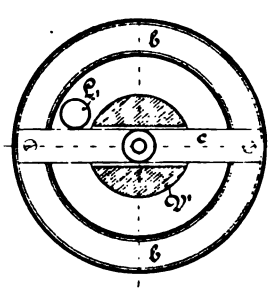


Fig. 3. Schnitt nach X—Y.

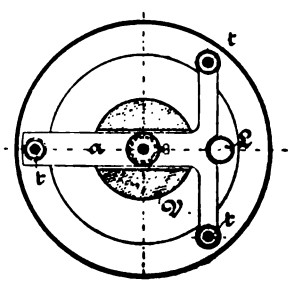


Fig. 4. Schnitt nach Z—Z.

an den Köpfen die Wahl eines größeren Stabdurchmessers innerhalb der Versuchslänge nicht zuließ.

Um nun die zur Anbringung des Wärmofens erforderliche Stablänge zu erzielen, wurde an jedes Stabende ein stählernes Verlängerungsstück mit Hülse von Doppelmuttern angeschraubt. An dem unteren dieser Stücke war zugleich der Wärmofen aufgehängt (s. Fig. 2 u. 6).

Für die Versuche bis zu 300 C° wurden Dämpfe als Wärmebäder verwendet, und zwar für 100 C° Wasserdampf, für 200 C° Naphthalindämpfe und für 300 C° Naphthylamindämpfe. Der Wärmofen hatte hierbei folgende Anordnung (s. Fig. 2—4):

Auf die untere Verbindungsmutter M zwischen dem Probestab P und dem Verlängerungsstück V war das Rohr R von 73 mm lichter Weite fest aufgeschoben und mit drei kleinen Schrauben am Umfange der Mutter befestigt. Dieses Rohr bildete die Wandung des Ofens. Es ragte über die obere Verbindungsmutter M_1 hinaus, welche sich in ihm, den Dehnungen des Probestabes folgend, frei bewegen konnte und zur Verhinderung des Dampfaustrittes zwischen Mutter und Ofenwandung mit Hülfe des schraubenförmig umgelegten Asbestringes A gegen das Rohr abgedichtet war. Im Innern von R waren die an einem Ende offenen Rohre R_1 an der unteren und R_2 an der oberen Verbindungsmutter befestigt. Sie hatten den Zweck, die Dämpfe, welche, in einer Vorlage entwickelt, durch das Zuleitungsrohr L und die Bohrung B der unteren Verbindungsmutter in den Ofen eintraten, zwecks Erzielung einer gleichmäßigen Erwärmung zu zwingen, ihren Weg zwischen der Ofenwandung und dem Rohr R_1 aufwärts, dann zwischen R_1 und R_2 abwärts zu nehmen und nun erst den Probestab bestreichend durch die Bohrung B_1 in der oberen Mutter M_1 und durch das im Stutzen S steckende Ablaßrohr L_1 nach oben zu entweichen. Die sich hierbei aus den Dämpfen durch Kondensation bildende Flüssigkeit konnte durch die am unteren Ende des Rohres R_1 angebrachte Bohrung C dem Dampfstrom entgegen zurückfließen. Zugleich sollte der eingelegte, nach der Bohrung B zu abgeschrägte Ring D eine Ansammlung von Flüssigkeit an dem Boden des Ofens verhindern.

Diese Anordnung für die Leitung der Dämpfe erfüllte ihren Zweck bei Anwendung von Wasserdampf vollkommen, was daraus erkannt werden konnte, daß nach hinreichender Erwärmung aller Theile während der Versuchsausführung aus dem Rohr L_1 beständig Dampf austrat. Bei der Anwendung von Naphthalin- und Naphthylamindämpfen als Wärmebad mußten die inneren Rohre R_1 und R_2 entfernt werden, weil sie den freien Dampfdurchgang verhinderten. Als Ursache hierfür wird anzunehmen sein, daß die Dämpfe anfänglich in dem Ofen kondensirten, die kondensirte Masse nicht schnell genug abfließen konnte und hierdurch die nach unten gekehrte Oeffnung des innersten Rohres R_2 dem Durchgang des Dampfes versperrte. Auch mußte in dem Boden des Mantels H eine besondere Rückflußleitung für die kondensirte Flüssigkeit angebracht werden (s. Fig. 5).

Als Wärmeschutz war um das Ganze der außen noch mit Asbest bekleidete Cylinder H angebracht, dessen Boden mit dem unteren Verlängerungsstück V verschraubt war, während sein weit übergreifender Deckel O von dem oberen Verlängerungsstück V_1 getragen und durch dieses der Dehnung des Stabes entsprechend angehoben wurde.

Der seitliche Stutzen E diente zur Einführung eines Thermometers, an dem die Wärme der Heizgase abgelesen wurde.

Zur Ermittelung der Dehnung der Probestäbe bis zum Fließen diente ein Meßapparat folgender Einrichtung:

Beide Stabköpfe, sowie die Enden der Verlängerungsstücke V und V_1 waren achsial angebohrt, und zwar die letzteren bis zu den in ihnen angebrachten Schlitzen J und J_1 (s. auch Fig. 3 und 4). In den Bohrungen steckten die kleinen Stahlstangen S und S_1, welche durch die Federn f fest gegen den Grund der Bohrungen in den Stabköpfen angepreßt wurden. Die untere dieser Stangen trug das dreiarmige Stück a (Fig. 2 und 4), und dieses die drei Stangen t, welche am oberen Ende durch den übergeschobenen Ring r gehalten waren und als Stützpunkte für den Ring b dienten. Letzterer war mit einem Steg c (Fig. 2 und 3) versehen, auf dessen mittleren cylindrischen Ansatz d eine Mutter e soweit aufgeschraubt wurde, daß die obere polirte Fläche des in diese Mutter eingelassenen gehärteten Stahlringes g um weniges (etwa 0,1 mm) höher lag, als die ebenfalls polirte, zur Achse senkrechte Endfläche der oberen Stange S_1. Auf letztere und auf die Fläche des Stahlringes g wurde mit je einer Spitze das Stahlstück h gestellt, welches an der mit einem Gegengewicht i versehenen und bei k mit einer Schneide gestützten Stange l den um eine wagerechte und senkrechte Achse verstellbaren Spiegel m trug.

Beim Versuch folgte der auf dem Stahlring g gegebene Stützpunkt des Stückes h mit Rücksicht auf die geschilderte Unterstützung des Ringes b den Bewegungen des unteren Stabpunktes u, der Stützpunkt auf der oberen Fläche der Stange S_1 dagegen den Bewegungen des oberen Stabpunktes o. Die Unterschiede in beiden Bewegungen in Folge Längenänderungen des Stabes zwischen den beiden Punkten u und o bewirkten somit ein Kippen des Stückes h und zugleich eine Drehung des Spiegels m um einen gewissen Winkel. Die Größe dieses Winkels wurde mit Hülfe eines Ablesefernrohres an einer Skala abgelesen, auf die der Spiegel eingestellt war.

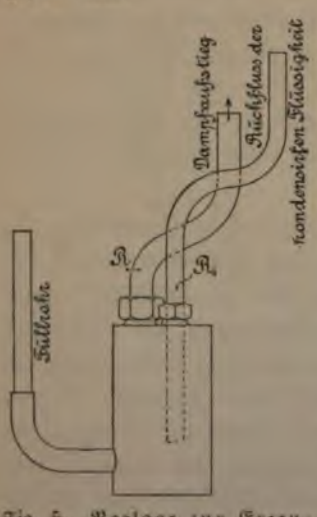


Fig. 5. Vorlage zur Erzeugung der Naphthalin- und Naphthylamindämpfe.

Zur Erzeugung des Wasserdampfbades (100 C°) diente eine gläserne Kochflasche, von deren Stopfen ein kurzes Glasrohr zu dem Zuleitungsrohr L (Fig. 2) führte und mit diesem durch einen Gummischlauch verbunden war. Die Flasche war so groß gewählt, daß eine einmalige Füllung mit etwa $^3/_4$ des Inhaltes für den Versuch hinreichte. Die Erwärmung erfolgte mit Hülfe eines dreifachen Bunsenschen Brenners.

Die Erzeugung der Naphthalindämpfe (200 C°) und der Naphthylamindämpfe (300 C°) erfolgte in einer hartgelötheten kupfernen Vorlage (Fig. 5). Von ihr stiegen die erzeugten Dämpfe durch das aufgeschraubte Rohr R zum Ofen, während die im Ofen kondensirte Flüssigkeit durch das Rohr R_1 zum Kochgefäß zurückfloß.[1]) Das dritte Rohr (Glas), welches nahezu bis zum Boden des Gefäßes reichte, diente zum Nachfüllen neuer Masse, welche anfänglich in krystallisirtem, feingestoßenem Zustande eingeschüttet, später aber in einem Löffel zunächst geschmolzen und dann eingegossen wurde. Die Erwärmung der Vorlage erfolgte mittelst eines untergestellten Dr[illegible]ners. Außerdem wurde der Boden des Ofens und das Zuleitungs-, sowie das [illegible] Einbrenner erhitzt. Auch erwies es sich mit Rücksicht auf die [illegible] der Dämpfe in dem kalten Ofen als erforderlich, diesen von [illegible] stark vorzuwärmen, bevor die Dämpfe Zutritt fanden.

[1]) Die nachträgliche Anbringung des besonderen Rückflußrohres [illegible] dasselbe allmählich mit Flüssigkeit füllte.

Auf die Herstellung der Probestäbe (s. Fig. 1) mußte mit Rücksicht auf die bereits beschriebene Art der Dehnungsmessung ganz besondere Sorgfalt verwendet werden. Vor Allem kam es darauf an, sämmtliche Längenabmessungen und auch die Tiefe der Bohrungen bei allen Stäben gleichmäßig zu gestalten, um die Dehnungswerthe, welche für Stabtheile verschiedenen Querschnittes erhoben wurden, hernach durch Benutzung einer Konstanten auf einen einheitlichen Querschnitt umrechnen zu können. Hierzu wurden die Probeabschnitte, nachdem sie an den Stirnflächen angekörnt und vorgebohrt waren, auf der Drehbank alle auf gleiche Länge (167 mm) bestoßen, an den Enden mit Gewinde versehen und dann unter Benutzung einer Lehre profilirt und geschlichtet. Schließlich wurden die Bohrungen unter Benutzung einer Brille auf der Drehbank hergestellt, wobei auf den hierzu verwendeten Spiralbohrer zur Erzielung einer genauen und übereinstimmenden Lochtiefe ein Begrenzungsring aufgeschraubt war, dessen Stellung bei jeder Bohrung kontrollirt wurde.

Um die Bruchstücke des Stabes nach dem Versuch leicht entfernen zu können, wurden an die 12 mm langen cylindrischen Theile der Stabköpfe diametral gegenüber zwei Flächen angefeilt, so daß der Stab in diesem innerhalb der Meßlänge gelegenen Theil auf 14 mm Breite abgeflacht war. Mit einem passenden Hülsenschlüssel ließen sich die Bruchstücke dann leicht herausschrauben.

Die bei 400 C° anzustellenden Versuche konnten unter Anwendung von Dämpfen als Wärmebad nicht zur Durchführung gelangen, weil es nicht möglich war, ein geeignetes Material mit einem der geforderten Versuchswärme entsprechenden Verdampfungspunkt zu erlangen. Die Stäbe wurden daher im Metallbade (Blei-Zinn-Legirung) geprüft, nachdem durch eine besondere Reihe von Glühversuchen festgestellt war, daß die zu untersuchenden Materialien und unter ihnen im Besonderen auch die Legirungen innerhalb der Dauer des Versuches von dem auf 400 C° erhitzten Metallbade wenig oder garnicht angegriffen wurden.

Die benutzte Anordnung des Versuches ist in Fig. 6 dargestellt. Der Ofen und die Vorrichtungen zum Erhitzen des Metallbades waren dieselben, die Prof. Martens für die Warmversuche mit Flußeisen[1]) entworfen hatte. Das flüssige Metall wurde nach Einhängung des Stabes mit dem Ofen in die Zerreißmaschine in den inneren Ofenraum O hineingegossen und mit Hülfe von zwei Schlitzbrennern und zwei einfachen Bunsenbrennern, welche durch Aussparungen in dem Ofenmantel auf das innere Gefäß gerichtet waren, bis auf die gewünschte Wärme erhitzt. Der Ofen war ursprünglich für lange Stäbe bestimmt. Um ihn indessen auch bei den vorliegenden kleinen Proben verwenden zu können, wurden an diese wieder Verlängerungsstücke V_1 und V_2 angeschraubt, welche die gleichen Abmessungen hatten, wie die an den früher benutzten Flußeisenstäbe. Die Dehnung bis zum Eintritt des Fließens

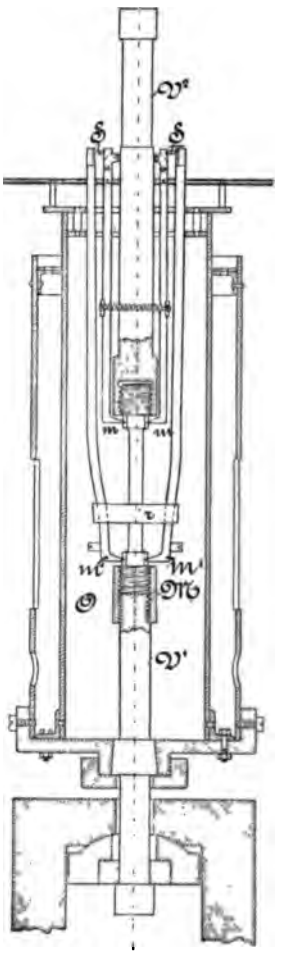


Fig. 6.

[1]) Vergl. Mittheilungen aus den technischen Versuchsanstalten 1890, S. 166.

wurde mit Martens'schen Spiegelapparaten ermittelt, deren Meßfedern ich die aus Fig. 6 ohne Weiteres ersichtliche besondere Anordnung gab. Diese gestattete es, daß die Messungen innerhalb derselben Stablänge vorgenommen werden konnten, wie bei den zuvor beschriebenen Versuchen. Zum sicheren Ansetzen der beiden Federpaare m und m_1, zwischen denen die Schneiden S der Spiegelhalter durch den Anzug des Ringes r eingeklemmt wurden, waren der Tiefe der Bohrung entsprechend Nuthen in die stärkeren cylindrischen Stabtheile eingedreht. Der Meßapparat wurde an den Stab angesetzt, bevor dieser in die in dem Ofen steckende Mutter M hineingeschraubt wurde.

B. Versuchsausführung.

Die Genauigkeit der Dehnungsmessung mit den beschriebenen Einrichtungen hing in erheblichem Maße ab von dem mehr oder weniger gleichmäßigen und während des ganzen Versuchs gleichbleibenden Wärmezustande derjenigen Theile der Meßapparate, welche die Stabdehnung auf den Spiegelapparat übertragen. So konnte z. B. der Spiegel bei der in Fig. 2 gegebenen Anordnung selbst bei zunehmender Belastung im Sinne einer Verkürzung des Probestabes sich bewegen, sobald die Stangen s oder t in Folge großer Erwärmung an Länge zunahmen. Die einzige Sicherung, welche gegen das Eintreten dieser störenden Einflüsse gegeben war, lag in der Herstellung einer konstanten Wärmequelle, d. h. in der gleichmäßigen Zuführung von Dampf zum Ofen. Der Versuchsausführende hatte daher sein Augenmerk darauf zu richten, daß vor dem Beginn der Belastung längere Zeit hindurch einerseits das Thermometer, an dem die Wärme im Ofen abgelesen wurde, die gewünschten Grade unter Berücksichtigung der Korrektur für den herausragenden Faden anzeigte, und daß andererseits zugleich die Spiegelablesung annähernd konstant blieb. War dies bei einer bestimmten Anordnung der Heizflammen erreicht, so wurden an dieser während des ganzen Versuches Aenderungen nicht mehr vorgenommen. Wohl aber wurden die Thermometerablesungen wiederholt kontrollirt, wobei man sich überzeugte, daß nennenswerthe Aenderungen in dem Wärmezustande nicht eingetreten waren.

Neben dieser Thermometerablesung und der Unveränderlichkeit der Spiegelablesungen lieferte auch der Umstand ein Merkmal für das Vorhandensein des Beharrungszustandes der Stabwärme, daß der Zeiger der Wage im Einspielen blieb, nachdem er unter einer geringen Anfangsbelastung einmal angehoben war. — Die Belastung wurde bis zur Erreichung der Streckgrenze stufenweise gesteigert, und zwar im Allgemeinen in Stufen von je 100 kg (etwa 1,3 kg/qmm), bei den Versuchen bei 400 C° in Stufen von je 50 kg. Nach Ueberschreitung der Streckgrenze wurde der Spiegel entfernt und die Belastung nun bei stetig zufließendem Druckwasser stufenweise um je 25 kg gesteigert.

Der Verlauf der Dehnung während des Streckens wurde nicht ermittelt. Zum Ausmessen der Bruchdehnung auf je 30 mm vom Bruch und auf 90 mm Gesammtlänge waren die Stäbe auf 90 mm Länge mit Centimetertheilung versehen. Die Endmarken der Theilung [illegible] also beiderseits um 5 mm von den stärkeren Stabköpfen entfernt.

C. Berechnung der Versuchsergebnisse.

Die Lage der Proportionalitätsgrenze (später kurz P-Grenze genannt) habe ich im Allge[illegible]inen unmittelbar nach den Werthen für die Dehnungsstufen bestimmt, welche sich aus den [illegible]rsuchsprotokollen für gleiche Laststufen ergaben, und zwar wurde als P-Grenze diejenige Laststufe bezeichnet, bis zu welcher die Dehnungsstufen als gleich angesehen werden konnten. Für

die Versuche mit unregelmäßigen Dehnungsstufen wurden aus letzteren und den Laststufen Schaulinien aufgetragen und als P-Grenze wurde diejenige Belastung bezeichnet, bei welcher die Ausgleichslinie für die Beobachtungswerthe von der Geraden abwich. Bei einigen Versuchen waren die abgelesenen Dehnungsstufen derart unregelmäßig, daß es nicht thunlich erschien, nach den graphisch aufgetragenen Werthen eine Ausgleichslinie zu entwerfen. Bei diesen Versuchen mußte daher von der Angabe der P-Grenze Abstand genommen werden. In Tab. 3, welche die Versuchsergebnisse enthält, ist dieser Zustand durch die Bemerkung: „Ablesungen unregelmäßig" gekennzeichnet. Bei denjenigen Versuchen, für welche die Ausgleichslinien von den geringsten Belastungen an von der Geraden abwichen, wurde das Nichtvorhandensein einer P-Grenze angenommen.

Die Elastizitätsmoduli wurden aus den Mittelwerthen für die Dehnungsstufen bis zur P-Grenze nach der bekannten Formel

$$E = \frac{\Delta P \,.\, L}{f \,.\, \Delta \lambda_1}$$

berechnet. Hierbei wurde darauf Rücksicht genommen, daß die Meßlänge bei den meisten Stäben (nur je zwei bei Zimmerwärme untersuchte Stäbe ausgenommen) sich zum Theil auf die stärkeren Köpfe der Stäbe erstreckte.

Zu diesem Zweck wurde durch Rechnung ermittelt, welcher Antheil von der gesammten beobachteten Verlängerung auf die Kopftheile und welcher auf den cylindrischen Schaft des Stabes entfiel.

Bezeichnen:

L die Länge des Schaftes zwischen den Köpfen,
l und l_1 die innerhalb der Meßlänge gelegenen Strecken der Stabköpfe,
f den Querschnitt des Schaftes,
F den Querschnitt der Köpfe,
P die Belastung, und für diese
λ_1 die Verlängerung des Schaftes L,
λ_2 die Summe der Verlängerungen für beide Kopftheile l und l_1,
λ die gesammte beobachtete Verlängerung für die Länge $L + l + l_1$, ferner
E den Elastizitätsmodul des Materials,

dann ist $$\lambda_1 = \frac{P \,.\, L}{f \,.\, E} \text{ und } \lambda_2 = \frac{P \,.\, (l + l_1)}{F \,.\, E}$$

folglich $$\lambda = \frac{P}{E}\left(\frac{L}{f} + \frac{l + l_1}{F}\right).$$

Aus der Proportion: $$\frac{\lambda}{\lambda_1} = \frac{\frac{L}{f} + \frac{l + l_1}{F}}{\frac{L}{f}} = 1 + \frac{f\,(l + l_1)}{F \,.\, L}$$

ergiebt sich: $$\lambda_1 = \frac{\lambda}{1 + \frac{f \,.\, (l + l_1)}{F \,.\, L}}.$$

Durch Kontrolle der Stäbe mit Hülfe einer Lehre sind ermittelt: $L = 100$ mm und $l + l_1 = 10$ mm. Der Querschnitt f des Stabschaftes betrug, dem vorgeschriebenen Durchmesser von 10 mm entsprechend, bei der größeren Mehrzahl der Stäbe 78,5 qmm. Der

Querſchnitt F der Stabköpfe berechnet ſich bei einem urſprünglichen Durchmeſſer von 18,4 mm und einer ſymmetriſchen Abflachung auf 14 mm zu angenähert 230 qmm.

Setzt man dieſe Werthe in die obige Gleichung für λ_1 ein, ſo erhält man

$$\lambda_1 = \frac{\lambda}{1 + \frac{78{,}5 \,.\, 10}{230 \,.\, 100}} = \frac{\lambda}{1{,}034}.$$

Nach dieſem Verhältniß wurden die Mittelwerthe für die mit den Spiegelapparaten ermittelten proportionalen Dehnungsſtufen umgerechnet und dann aus ihnen die Elaſtizitätsmoduli unter Zugrundelegung einer Stablänge von 100 mm berechnet.

Hierbei wurde zunächſt außer Acht gelaſſen, daß der Schaft nicht in ſeiner ganzen Länge von 100 mm cylindriſch war, ſondern an den Enden mit kleinen Rundungen in die ſtärkeren Köpfe überging. Desgleichen wurde nicht berückſichtigt, daß die elaſtiſche Dehnung womöglich in ähnlichem Grade, wie es von der Bruchdehnung bekannt iſt, durch den Einfluß der ſtärkeren Köpfe in deren Nähe meßbar beeinflußt wird. Beide Einflüſſe mußten, wenn ſie hinreichend groß waren, auf eine Verringerung der Dehnung hinwirken.

Um einen Anhalt zur Beurtheilung dieſer Fragen zu gewinnen, und um zugleich die Zuverläſſigkeit des Spiegelapparates bei der gewählten Anordnung zu erproben, wurde bei Zimmerwärme immer von den drei Stäben deſſelben Materials nur einer unter Benutzung des in Rede ſtehenden, neuen Apparates geprüft. Bei den beiden anderen kamen die gewöhnlichen Martensſchen Spiegelapparate zur Anwendung, indem die Stäbe, ohne daß der Ofen angeſetzt war, frei in die Maſchine eingeſpannt wurden; auch wurde die Verlängerung bei dieſen Stäben nur auf eine ſymmetriſch zu den Köpfen gelegene Länge von 90 mm gemeſſen. Wenn nun auch nicht ausgeſchloſſen war, daß die an den Spiegelapparaten abgeleſenen Werthe für die Verlängerung ſelbſt bei der kleineren Meßlänge noch durch die Stabform beeinflußt waren, ſo mußte doch dieſer Einfluß hier erheblich geringer ſein als bei der größeren, die ganze Länge des Schaftes umfaſſenden Meßlänge, weil der Einfluß der Köpfe in deren unmittelbaren Nähe am größten iſt. Jedenfalls mußte ein Unterſchied zwiſchen den für beide Meßlängen erhobenen Verlängerungen beſtehen, wenn der Einfluß der Stabköpfe auf die Dehnung innerhalb der P-Grenze überhaupt meßbar war.

Die erhaltenen Ergebniſſe ſind in Tab. 1 (Seite 301) zuſammengeſtellt; jedoch nur für diejenigen Materialien, bei denen eine ſcharf ausgeprägte Proportionalitätsgrenze beobachtet wurde.

Aus dem Schlußwerth dieſer Tabelle ergiebt ſich, daß mit beiden Meßverfahren im Mittel gleiche Werthe für die Dehnungen erhalten wurden. Somit war auch die oben erörterte Umrechnung der für Stablängen von 110 mm beobachteten Dehnungswerthe auf 100 mm Stablänge als zuläſſig erwieſen und zwar um ſo mehr, als die beiden für 90 mm Schaftlänge ermittelten Dehnungswerthe bei demſelben Material weiter von einander abweichen, als der auf 110 mm Länge gemeſſene und umgerechnete Werth von dem Mittel der erſteren.

Die Streckgrenze war beim Schweißeiſen und Martinſtahl bis zur Verſuchswärme von 300 C° ſehr ſcharf gekennzeichnet, indem die Ableſungen an den Spiegelapparaten mit Ueberſchreitung der Streckgrenze bei gleichbleibender Belaſtung, ja ſogar unter theilweiſer Entlaſtung des Probeſtabes in Folge Abfallens des Belaſtungshebels, plötzlich unaufhaltſam fortſchritten, während ſie für die vorhergehende Laſtſtufe ſelbſt für längere Zeit noch vollkommen konſtant geblieben waren.

Tabelle 1. Vergleichende Untersuchungen mit den Spiegelapparaten der alten und neuen Anordnung.

Material	Stab Nr.	Mittlere beobachtete Verlängerung für je 100 kg Belastungszuwachs: neuer App. λ_{110} $\frac{1}{5000}$ mm	alter App. λ_{∞} $\frac{1}{10000}$ mm	Verhältnißzahl für die Umrechnung von λ_{110} auf λ_{100}	Verlängerung für 100 mm berechnet aus: λ_{110} $\frac{1}{10000}$ mm	λ_{∞} $\frac{1}{10000}$ mm	Mittleres Verhältniß $\frac{\lambda_{110}}{\lambda_{\infty}} \cdot 100$
Schweißeisen	6	—	58,0	—	—	64,4	98,2
	11	—	57,0	—	—	63,3	
	2	32,0	—	1,034	62,0	—	
	7	32,5	—	1,034	63,0	—	
	12	32,5	—	1,034	63,0	—	
	Mittel	32,3	57,5	1,034	62,7	63,9	
Martinstahl	16	31,0	—	1,034	60,0	—	97,8
	21	—	56,0	—	—	62,2	
	26	—	56,0	—	—	62,2	
	17	32,0	—	1,034	62,0	—	
	22	31,5	—	1,034	61,0	—	
	27	30,5	—	1,034	59,0	—	
	28	32,0	—	1,034	62,0	—	
	Mittel	31,4	56,0	1 034	60,8	62,2	
Manganbronze	46	56,0	—	1,034	108,4	—	101,1
	51	—	99,0	—	—	110,0	
	56	—	94,0	—	—	104,4	
	Mittel	56,0	96,5	—	108,4	107,2	
Deltametall, gewalzt	61	74,0	—	1,034	144,0	—	100,0
	71	—	130,0	—	—	144,0	
						Im Mittel:	99,3

Bei den Materialien der genannten Art, deren Verhalten gegen Zugbelastungen am besten durch die Schaulinie Fig. 7 dargestellt wird, bot somit die Bestimmung der Streckgrenze keine besonderen Schwierigkeiten. Anders, sobald es sich um Materialien handelte, bei denen

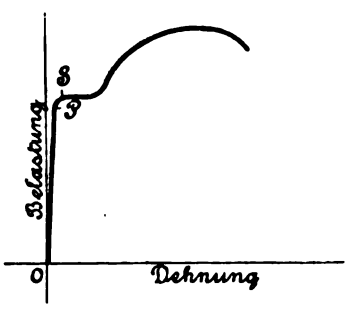


Fig. 7.

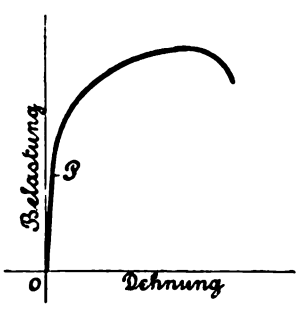


Fig. 8.

die Beziehungen zwischen Spannung und Dehnung dem in der Schaulinie Fig. 8 dargestellten Gesetz folgen. Die Beobachtungswerthe für die Dehnungsstufen liefern wegen ihres allmähligen Anwachsens an sich kein Erkennungszeichen für die Lage der Streckgrenze; hierzu kommt, daß die Größe dieser Werthe von der Zeitdauer der Belastung abhängt. Demgemäß kommen meines Erachtens für die Bestimmung der Streckgrenze bei Materialien von dem durch

Fig. 8 veranschaulichten Charakter die folgenden Verfahren in Frage:[1]) Die Bestimmung erfolgt entweder

1. nach dem Beginn des Nachstreckens bei einer bestimmten Belastungsdauer von dem ersten Anheben der Laststufe an gerechnet; oder
2. nach der Lage des Punktes (Größe der Spannungsordinate), in dem die unter einem bestimmten Winkel zur Achse an die Schaulinie gelegte Tangente diese berührt. Die Schaulinie ist hierzu nach den Spannungen und nach den Dehnungen für die Längeneinheit aufzutragen, auch ist stets das gleiche Verhältniß für die Spannungs- und Dehnungsmaßstäbe zu wählen; oder
3. nach der zweiten Differenzenreihe für die Dehnungsstufen, welche erkennen läßt, in welchem Grade die letzteren mit zunehmender Spannung anwachsen.

Die Bestimmung der Streckgrenze nach dem unter 1. genannten Gesichtspunkte erfordert, daß jede einzelne Laststufe eine längere Zeit hindurch auf den Stab einwirkt. Versuche bei Zimmerwärme gestatten diese Art der Durchführung ohne Schwierigkeit. Dagegen kann sie bei Versuchen mit erhitzten Stäben leicht zu unzuverlässigen Ergebnissen führen, indem Schwankungen in der Versuchswärme Längenänderungen des Probestabes und der Meßwerkzeuge veranlassen, welche die Messung der den Belastungen entsprechenden Dehnungen beeinträchtigen, sobald diese Längenänderungen der beiden genannten Theile verschieden groß sind. Da die Schwierigkeiten nun mit der Dauer des Versuches zunehmen, so wird man gut thun, die Versuche mit erhitzten Stäben unter möglichst geringem Zeitaufwand durchzuführen und von der Beobachtung des Nachstreckens unter den einzelnen Laststufen Abstand zu nehmen, wie es bei den vorliegenden Versuchen der Fall war.

Bei der Bestimmung der Streckgrenze nach dem unter 2. genannten Gesichtspunkt liegt in der Wahl des Neigungswinkels für die Tangente eine gewisse Willkür. Ich habe mich daher dafür entschieden, die Streckgrenze bei diesen Untersuchungen nach der zweiten Differenzenreihe für die Dehnungsstufen zu bestimmen. Als Beispiel ist in Tab. 2 (S. 303) das Protokoll zum Stabe Nr. 31 aus Kupfer angeführt. Bis zu 1,9 t Belastung sind die Werthe der zweiten Differenzenreihe (letzte Spalte der Tabelle) bei diesem Versuch sehr unregelmäßig, sodaß man von einer stetigen Zunahme der Werthe mit steigender Belastung nicht sprechen kann. Dies gilt erst für die höheren Laststufen. Bei 2,1 t ist diese Zunahme bereits eine außerordentlich große; sie beträgt 287 Einheiten gegen 74 bei der vorhergehenden Stufe; daher wurde die Streckgrenze bei 2,0 t Belastung angenommen. Wie man erkennt ist auch bei dieser Bestimmungsweise dem Urtheil des Beobachters mehr oder weniger Spielraum gelassen. Um nun hierin wenigstens die Einheitlichkeit zu wahren, habe ich die Bestimmung der Streckgrenze nach den von den Herren Assistenten Kunze und Zizmann geführten Versuchsprotokollen bei allen Versuchen selbst vorgenommen.

Die Dehnungen für 100 kg Belastungszuwachs (s. Spalte 6 Tab. 3) sind aus dem Mittelwerth der Spiegelablesungen für die Dehnungsstufen bis zur Proportionalitätsgrenze, bezogen auf 100 mm Stablänge berechnet.

Die Bruchdehnung wurde an den erkalteten Stäben an der Centimetertheilung ermittelt, welche innerhalb 90 mm Länge auf dem Stabschaft angebracht war. Die Messungen

[1]) Von wesentlicher Bedeutung für die einheitliche Beurtheilung der Materialien würde es sein, wenn die Conferenzen zur Vereinbarung einheitlicher Prüfungsverfahren auch diese Frage in den Kreis ihrer Berathungen hineinzögen.

Tabelle 2. **Prüfung des Rundstabes Nr. 31 auf Zugfestigkeit.**

Material: Kupfer; Versuchs-Wärme: 16,7 C°;
Durchmesser: 9,7 mm; Querschnitt; 73,9 qmm;
Meßlänge: 110 mm; Länge der Theilung: 90 mm.

Belastung t	Ablesung für die Dehnung $\frac{1}{5000}$ mm	Verlängerung für je 100 kg Belastungszuwachs $\frac{1}{5000}$ mm	Zweite Differenzen-Reihe $\frac{1}{5000}$ mm
0,05	1900	—	—
0,1	29	58	—
0,2	86	57	— 1
0,3	2041	55	— 2
0,4	2104	63	+ 8
0,5	69	65	2
0,6	2232	63	— 2
0,7	2301	69	+ 6
0,8	72	71	2
0,9	2443	71	0
1,0	2520	77	6
1,1	2600	80	3
1,2	80	80	0
1,3	2773	93	13
1,4	2900	127	34
1,5	99	99	— 28
1,6	3107	108	+ 9
1,7	3210	103	— 5
1,8	3347	137	+ 34
1,9	3503	156	19
2,0	3733	230	74
2,1	4250	517	287
2,2	Maßstäbe verschwinden.		—

erfolgten für die ursprünglichen Längen von je 30 mm vom Bruch und für die gesammte Länge der Theilung. Zur Unterscheidung sind diese beiden Dehnungswerthe im Nachstehenden kurz mit δ_{30} und δ_{90} bezeichnet.

Die Entfernung des Bruches von der nächsten Endmarke wurde an der Theilung ausgezählt. Ihre Ermittelung erfolgte, um bei Beurtheilung der Dehnungswerthe in Rücksicht ziehen zu können, ob die Dehnung etwa durch die Lage des Bruches in der Nähe der stärkeren Köpfe beeinflußt ist.

III. Versuchsergebnisse.

Die Versuchsergebnisse sind in Tab. 3 zusammengestellt. Die Bedeutung der einzelnen Werthe ist aus den Angaben in dem Kopf der Tabelle ohne Weiteres ersichtlich. Hervorgehoben möge hier nur sein, daß die Werthe von $\Delta\lambda$ mit 10000 multiplizirt wurden, um die voranstehenden Nullen zwecks besserer Uebersichtlichkeit zu vermeiden.

Von der Wiedergabe der beobachteten Zahlenwerthe für die Beziehungen zwischen Belastung und Dehnung bis zur Streckgrenze ist Abstand genommen. Um aber dem Leser die Möglichkeit zu geben, sich selbst ein Urtheil darüber zu bilden, mit welcher Zuverlässigkeit besonders die Bestimmung der P-Grenze und des Elasticitätsmoduls erfolgte, sind in Fig. 9—15 die bei den Feinmessungen gewonnenen Dehnungsunterschiede für die einzelnen Belastungsstufen in Schaulinien dargestellt. Hierbei ist immer nur für die Schaulinien gleichartiger Versuche dasselbe Koordinatensystem benutzt; die verschiedenen Systeme aber sind unter Beibehaltung der Abscissen-

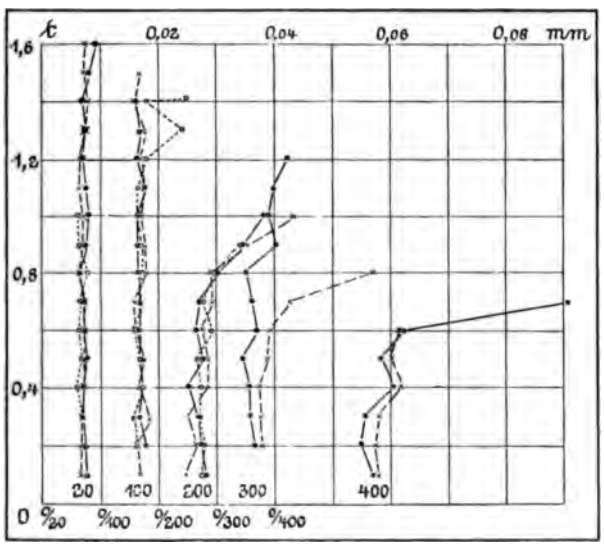


Fig. 9. Schweißeiſen.

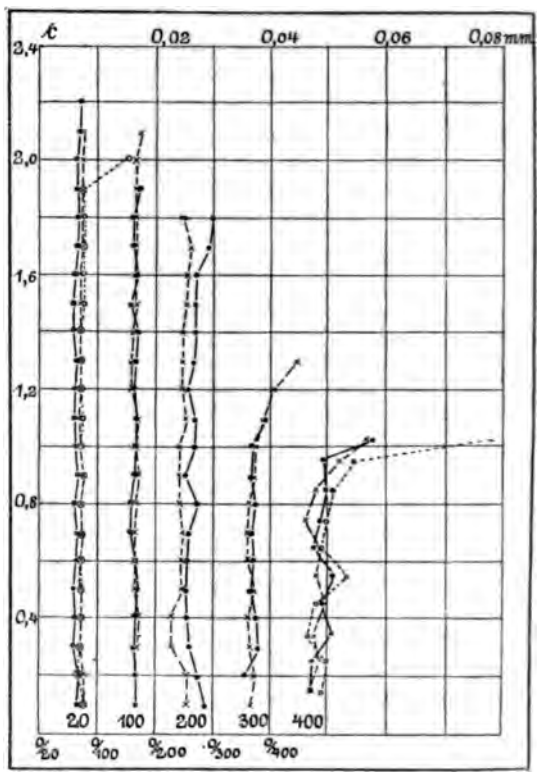


Fig. 10. Martinſtahl.

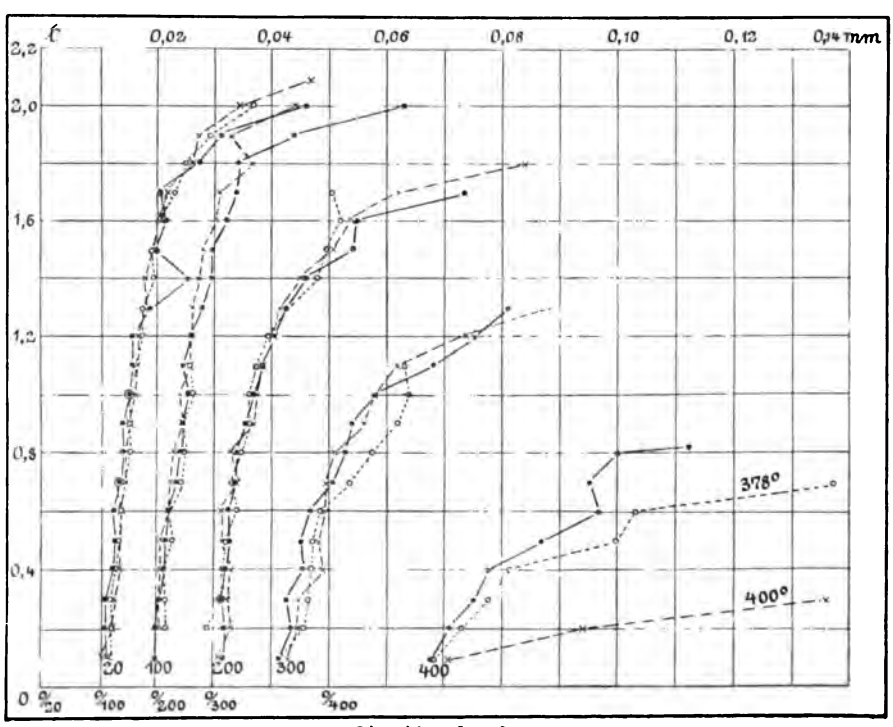


Fig. 11. Kupfer.

achse gegen einander soweit verschoben, daß die Liniengruppen möglichst wenig in einanderfallen. Das Maß der Verschiebung war zur Raumersparniß ein wechselndes. Die einzelnen Nullpunkte sind daher zur Orientirung am Fuß der Figur gekennzeichnet z. B. durch das Zeichen $^0/_{200}$, wobei die Zahl 200 besagt, daß der Nullpunkt für diejenige Liniengruppe gilt, welche den Zustand des Materiales bei 200 C° darstellt.

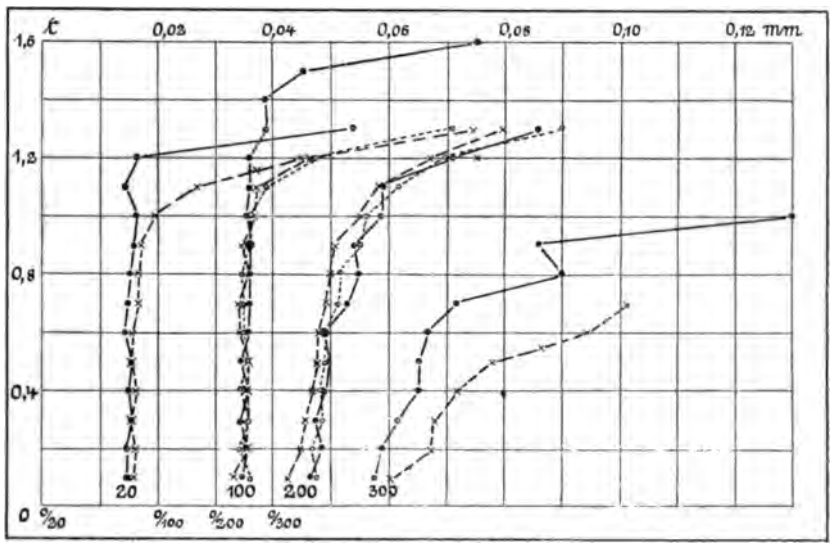


Fig. 12. Delta-Metall, gewalzt.

Die Auftragung nach den Belastungen statt nach den Spannungen erschien zulässig, weil die Querschnittsabmessungen der einzelnen Proben nur wenig von einander abweichen. Die einzige Ausnahme bildet die Probe 50 aus Manganbronze Fig. 14. Die für diese Probe erhaltene Schaulinie wird man daher beim Vergleich der Linienzüge hinsichtlich ihres Verlaufes außer Acht zu lassen haben.

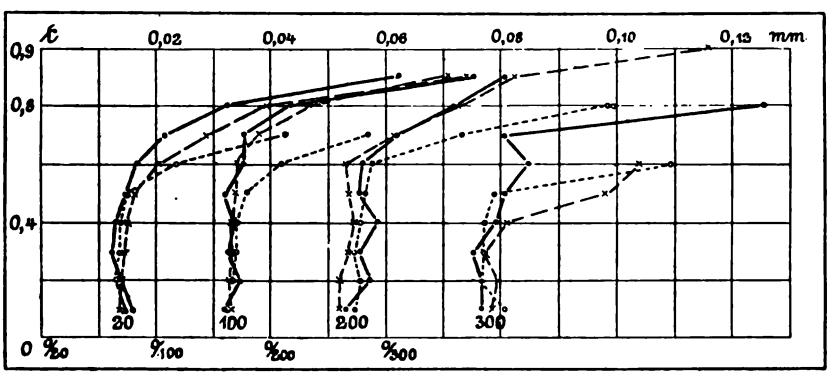


Fig. 13. Delta-Metall, gegossen.

Im Uebrigen ergiebt sich aus diesem Vergleich, daß die Linienzüge in den Gruppen für die niederen Wärmegrade gleichartiger verlaufen, als bei höheren Wärmegraden. Dies spricht im Allgemeinen dafür, daß die Zuverlässigkeit der Versuchsausführung mit zunehmender Versuchswärme abnimmt. Die Ursachen zu dieser Erscheinung sind zum Theil in der Wirkungsweise der Meßapparate, in der Hauptsache aber wohl darin zu suchen, daß es nicht immer möglich gewesen

Tabelle 3. Zusammenstellung

Vorbemerkungen: **Werthe**, welche unzuverlässig waren, wurden in ( ) gesetzt und von der Mittelbildung
Werthe, welche nicht ganz zuverlässig erschienen, wurden in [ ] gesetzt, aber zur Mittel-
Mittel, welche aus einer geringeren Zahl von Versuchsergebnissen oder unter Einschluß von
Bei der Wärmestufe 400 C° ist die Versuchswärme zum Theil mittelst Schmelzproben be-

Stab Nr.	Art der Erwärmung	Abmessungen: Durchmesser mm d	Abmessungen: Querschnitt qmm F	Beobachtete Versuchswärme C° W	Dehnung für 100 kg % × 10⁴ Δλ	Elastizitätsmodul kg/qmm E	Spannungen kg/qmm: Proportionalitätsgrenze σP	Spannungen kg/qmm: Streckgrenze σS	Spannungen kg/qmm: beim Bruch σB
									Schweiß-
									Wärmestufe:
1	—	9,8	75,4	—	—	—	—	18,6	35,8
6		9,8	75,4	13,7	64	20600	18,6	21,2	34,5
11		9,8	75,4	15,4	63	20900	17,2	21,2	35,5
Mittel		—	—	[**14**,6]	[**64**]	[**20750**]	[**17**,9]	**20**,3	**35**,3
									Wärmestufe:
2	Wasserdämpfe	9,8	75,4	96	64	20700	18,6	19,3	39,2
7		9,8	75,4	96	68	19500	19,9	20,9	38,8
12		9,8	75,4	96	[62]	[21400]	(14,6)	20,9	38,5
Mittel		—	—	**96**	[**65**]	[**20580**]	[**19**,3]	**20**,4	**38**,8
									Wärmestufe:
3 A	Naphthalin-dämpfe	10,0	78,5	218	68	18700	8,9	13,7	48,4
8		9,8	75,4	217	[74]	19000	11,1	12,6	45,8
13		9,8	75,4	218	69	18500	9,6	14,6	47,7
Mittel		—	—	**218**	[**70**]	**18735**	**9**,9	**13**,6	**47**,3
									Wärmestufe:
4	Naphthylamin-dämpfe	Der Stab wurde unbrauchbar, da er in Folge Undichtigkeit des Druckwasserzufluß-							
9		9,9	77,0	282	—	—	—	(18,2)	51,9
14 A		9,9	77,0	301	80	16230	5,2	13,0	44,8
Mittel		—	—	[**292**]	[**80**]	[**16230**]	[**5**,2]	[**13**,0]	[**48**,4]
									Wärmestufe:
5	Metallbad	9,9	77,0	[400]	84	15500	5,8	11,0	31,2
10		—	—	—	—	—	—	—	—
15		10,0	78,5	[400]	88	14500	3,2	12,7	33,1
Mittel		—	—	[**400**]	[**86**]	[**15000**]	[**4**,5]	[**11**,9]	[**32**,2]
									Martin-
									Wärmestufe:
16	—	10,0	78,5	16	60	21300	25,5	28,3	44,6
21		10,0	78,5	17	63	20100	26,8	27,7	44,9
26		9,9	77,0	12	62	20500	24,7	26,0	44,8
Mittel		—	—	**15**	**62**	**20600**	**25**,7	**27**,3	**44**,8
									Wärmestufe:
17	Wasserdämpfe	9,8	75,4	96	62	21400	23,9	25,9	46,8
22		9,9	77,0	96	62	21000	23,4	27,9	46,1
27		9,9	77,0	96	61	21300	23,4	27,3	46,8
Mittel		—	—	**96**	**62**	**21200**	**23**,6	**27**,0	**46**,6

der Verſuchsergebniſſe.

ausgeſchloſſen.
bildung herangezogen.
in [ ] geſetzten Zahlen gebildet wurden, ſind ebenfalls in [ ] geſetzt.
ſtimmt. Die angegebenen Wärmegrade ſind dann in Klammern [ ] geſetzt.

Nach dem Bruch					
Dehnung % auf		Querſchnittsverminderung	Entfernung des Bruches von der nächſten Endmarke	Bruchausſehen	Bemerkungen
je 30 mm	90 mm	%			
δ_{30}	δ_{90}	q	mm		
Eiſen.					
Zimmerwärme.					
32,5	28,3	51,8	15	hellgrau,	Ableſungen unregelmäßig.
37,7	31,9	56,0	40	theils matt, theils	Mit Martens'ſchem Spiegelapparat gewöhnlicher Konſtruktion geprüft.
35,6	30,6	57,3	40	glänzend, ſchuppig	Desgl.
35,3	**30,3**	**55,0**	—		
+ 100 C°.					
19,2	16,5	49,0	20	mattgrau, ſchuppig,	$\Delta\delta$ bei Zimmerwärme = 64; bis 1000 kg geprüft.
17,4	15,0	47,3	5	porös, Trichter	$\Delta\delta$ bei Zimmerwärme = 61; bis 1000 kg geprüft.
20,5	16,8	47,5	20		$\Delta\delta$ bei Zimmerwärme = 64; bis 1000 kg geprüft.
19,0	**16,1**	**47,9**	—		
+ 200 C°.					
23,2	20,9	45,2	20	mattgrau, ſchuppig,	Belaſtung nicht in regelmäßigen Stufen geſteigert.
18,5	16,0	46,0	45	porös, Trichter	Desgl.
18,4	16,2	46,0	20		
20,0	**17,7**	**45,7**	—		
+ 300 C°.					
ventils unbemerkt bis über die Streckgrenze hinaus belaſtet wurde.					
32,5	28,5	51,4	45	mattgrau, ſchuppig,	Ableſungen unregelmäßig.
36,2	31,2	47,1	15	porös, Trichter	
[34,4]	**[29,9]**	**[49,3]**	—		
+ 400 C°.					
51,4	37,7	59,5	10	verbleit	Von 600 kg = 7,8 kg/qmm ab ſchwaches Nachſtrecken.
—	—	—	—	—	Stab beim Einſpannen verbogen und daher nicht geprüft.
47,8	42,6	59,0	10	verbleit	Von 700 kg = 8,9 kg/qmm ab ſchwaches Nachſtrecken.
[49,6]	**[40,2]**	**[59,3]**	—		
ſtahl.					
Zimmerwärme.					
31,5	27,7	59,0	35	hellmattgrau,	Scharf ausgeprägte Streckgrenze.
36,9	32,3	60,3	35	ſehnig, Trichter	Desgl. Mit Martens'ſchem Spiegelapparat gewöhnl. Konſtr. gepr.
34,8	30,6	59,5	15		Wie bei Nr. 21.
34,4	**30,2**	**59,6**	—		
+ 100 C°.					
18,8	15,0	49,0	10	hellmattgrau,	Scharf ausgeprägte Streckgrenze.
17,7	16,3	54,2	30	ſehnig, Trichter	Desgl.
21,3	19,2	50,0	35		Desgl.
19,3	**16,8**	**51,1**	—		

Stab Nr.	Art der Erwärmung	Abmessungen: Durchmesser mm d	Abmessungen: Querschnitt qmm F	Beobachtete Versuchswärme C° W	Dehnung für 100 kg % × 10⁴ Δλ	Elastizitätsmodul kg/qmm E	Spannungen kg/qmm: Proportionalitätsgrenze σP	Spannungen kg/qmm: Streckgrenze σS	Spannungen kg/qmm: beim Bruch σB
									Wärmestufe:
18	Naphthalindämpfe	10,0	78,5	215	—	—	—	23,3	55,4
23 A		9,9	77,0	218	61	20900	19,5	24,7	56,5
28		10,0	78,5	215	—	—	—	23,6	55,4
Mittel		—	—	**216**	**[61]**	**[20900]**	**[19,5]**	**23,9**	**55,8**
									Wärmestufe:
19 A	Naphthylamindämpfe	9,9	77,0	302	70	18550	13,0	15,6	53,2
24		10,0	78,5	(241)	—	—	—	—	(57,3)
29		10,0	78,5	309	64	19300	12,7	17,2	52,5
Mittel		—	—	**306**	**[67]**	**[18930]**	**[12,9]**	**[16,4]**	**[52,9]**
									Wärmestufe:
20	Metallbad	9,9	77,0	[400]	72	18000	[3,2]	13,6	30,8
25		9,8	75,4	[390]	[80]	[16600]	[11,3]	13,9	47,7
30		9,9	77,0	390	[81]	[16000]	[5,8]	12,3	44,8
Mittel		—	—	**393**	**[78]**	**[16900]**	**[6,8]**	**13,3**	**41,1**
									Kupfer.
									Wärmestufe:
31	—	9,7	73,9	16,7	110	12300	4,1	27,1	29,4
36		10,0	78,5	16,0	—	—	—	26,8	28,7
41		10,0	78,5	17,2	109	11700	2,6	26,8	29,3
Mittel		—	—	**16,6**	**[110]**	**[12000]**	**[3,4]**	**26,9**	**29,1**
									Wärmestufe:
32	Wasserdämpfe	10,0	78,5	96	92	13900	3,8	25,5	27,7
37		10,0	78,5	96	92	13900	3,8	25,5	27,7
42		10,0	78,5	96	102	12500	5,1	[25,5]	27,4
Mittel		—	—	**96**	**95**	**13430**	**4,2**	**[25,5]**	**27,6**
									Wärmestufe:
33	Naphthalindämpfe	10,0	78,5	218	116	10980	7,6	21,7	24,5
38		10,0	78,5	218	116	10980	7,6	21,7	24,5
43		10,0	78,5	—	117	11170	6,4	21,7	23,9
Mittel		—	—	**218**	**116**	**11040**	**7,2**	**21,7**	**24,3**
									Wärmestufe:
34	Naphthylamindämpfe	9,9	77,0	298	—	—	—	16,9	21,1
39		10,0	78,5	294	—	—	—	14,0	20,7
44		10,0	78,5	298	—	—	—	14,0	20,7
Mittel		—	—	**297**	—	—	—	**15,0**	**20,8**
									Wärmestufe:
35	Metallbad	10,0	78,5	[400]	—	—	—	10,8	16,9
40		9,9	77,0	[400]	—	—	—	5,2	11,7
45		9,9	77,0	380	—	—	—	8,4	14,3
Mittel		—	—	**393**	—	—	—	**8,1**	**14,3**

Nach dem Bruch: Dehnung % auf je 30 mm δ_{30}	Nach dem Bruch: Dehnung % auf 90 mm δ_{90}	Nach dem Bruch: Querschnittsverminderung % q	Entfernung des Bruches von der nächsten Endmarke mm	Bruchaussehen	Bemerkungen
+ 200 C°.					
18,0	15,9	39,1	40	hellmattgrau, sehnig, Trichter	Belastung nicht in regelmäßigen Stufen gesteigert. Scharf ausgeprägte Streckgrenze.
20,5	18,9	44,2	15		Scharf ausgeprägte Streckgrenze.
19,4	17,2	39,1	25		Belastung wie bei 18. $\Delta\lambda$ bei Zimmerwärme = 62.
19,3	**17,3**	**40,8**	—		
+ 300 C°.					
34,1	30,1	56,9	20	Schuppiger Trichter mit sehnigem Grunde	Streckgrenze nicht scharf ausgeprägt.
(24,0)	(19,9)	(49,6)	15		Versuchswärme sinkt beim Versuch allmählich auf 241° herab; daher sind nur die Bruchfestigkeit und die Bruchdehnung angegeben und für diese die Versuchswärme 240° angenommen.
33,0	30,0	53,8	30		
[**33,6**]	[**30,1**]	[**55,4**]	—		
+ 400 C°.					
28,0	25,7	22,9	30	verbleit	Das Nachstrecken tritt allmählich ein.
30,5	27,7	30,0	30		Streckgrenze nicht scharf ausgeprägt. Ein Spiegel zu Anfang des Versuchs abgefallen.
36,2	32,3	39,5	20		Streckgrenze wie bei 25.
31,6	**28,6**	**30,8**	—		
Kupfer.					
Zimmerwärme.					
15,7	12,8	55,1	20	rothbraun, matt, Trichter	Ablesungen unregelmäßig. Mit Martens'schem Spiegelapparat gewöhnlicher Konstruktion geprüft.
19,3	15,4	52,4	15		
18,7	16,6	56,4	25		Bei 18,4 kg/qmm Belastung Beginn des Nachstreckens. Mit Martens'schem Spiegelapparat gewöhnlicher Konstruktion geprüft.
17,9	**14,9**	**54,6**	—		
+ 100 C°.					
12,0	8,4	55,1	30	rothbraun, matt, doppelte Trichterbildung	Bei 22,8 kg/qmm Belastung Beginn des Nachstreckens.
11,3	8,0	55,1	40		
12,1	8,1	59,0	35		Ablesungen von 1,3 t Belastung ab unsicher.
11,8	**8,2**	**56,4**	—		
+ 200 C°.					
10,7	8,5	53,8	40	rothbraun, matt, Trichter	
11,1	7,7	52,4	40		
10,9	7,3	51,0	40		Bei 19,2 kg/qmm Belastung Nachstrecken.
10,9	**7,8**	**52,4**	—		
+ 300 C°.					
11,6	9,6	39,5	40	schuppig, schief zur Achse, Trichteransatz	Proportionalität nicht mehr vorhanden.
15,1	11,6	46,6	40		Desgl.
13,8	10,8	43,7	40		Desgl.
13,5	**10,7**	**48,3**	—		
+ 400 C°.					
5,8	4,5	9,7	10	verbleit	Proportionalität nicht mehr vorhanden.
12,4	10,7	13,6	20		Desgl.
7,4	4,9	6,0	0		Desgl.
8,5	**6,7**	**9,8**	—		

Stab Nr.	Art der Erwärmung	Abmessungen: Durchmesser mm d	Abmessungen: Querschnitt qmm F	Beobachtete Versuchswärme C° W	Dehnung für 100 kg % × 10^4 Δλ	Elastizitätsmodul kg/qmm E	Spannungen kg/qmm: Proportionalitätsgrenze σP	Spannungen kg/qmm: Streckgrenze σS	Spannungen kg/qmm: beim Bruch σB
									Deltametall,
									Wärmestufe:
61	—	10,0	78,5	19,0	144	8850	10,2	15,6	42,4
71		10,0	78,5	12,5	144	8800	[7,6]	14,0	43,0
Mittel		—	—	**15,8**	**144**	**8825**	[8,9]	**14,8**	**42,7**
									Wärmestufe:
62	Wasserdämpfe	10,0	78,5	96	148	8610	15,3	19,1	39,5
67		10,0	78,5	96	144	8850	11,5	15,3	39,5
72		10,0	78,5	96	146	8700	10,2	15,3	39,5
Mittel		—	—	**96**	**146**	**8720**	**12,3**	**16,6**	**39,5**
									Wärmestufe:
63	Naphthalindämpfe	10,0	78,5	218	[178]	[7150]	[7,6]	16,6	31,2
68		10,0	78,5	218	—	—	—	16,6	30,6
73		10,0	78,5	216	[176]	[7240]	[7,6]	15,3	29,9
Mittel		—	—	**217**	**[177]**	**[7195]**	[7,6]	**16,2**	**30,6**
									Wärmestufe:
64	Naphthylamindämpfe	10,0	78,5	282	—	—	—	11,5	21,3
69		10,0	78,5	277	—	—	—	11,5	(35,4)
74		9,9	77,0	297	—	—	—	10,4	21,1
Mittel		—	—	**285**	—	—	—	**11,1**	**[21,2]**
									Wärmestufe:
65	Metallbad	9,9	77,0	[400]	—	—	—	1,3	8,8
70		10,0	78,5	[400]	—	—	—	1,3	5,7
66		9,9	77,0	[400]	—	—	—	1,3	5,8
Mittel		—	—	**400**	—	—	—	**1,3**	**6,8**
									Deltametall,
									Wärmestufe:
76	—	10,0	78,5	—	[132]	[9660]	[5,1]	[10,2]	35,7
81		10,1	80,1	—	[136]	[9530]	[3,8]	[10,0]	28,1
86		10,0	78,5	—	[126]	[10150]	[5,1]	[8,9]	35,0
Mittel		—	—	—	**[131]**	**[9780]**	**[4,7]**	[9,7]	32,9
									Wärmestufe:
77	Wasserdämpfe	10,0	78,5	96	[126]	[10100]	[6,4]	10,2	33,8
82		10,0	78,5	97	—	—	—	10,2	29,0
87		10,0	78,5	97	—	—	—	7,7	35,7
Mittel		—	—	**97**	**[126]**	**[10100]**	[6,4]	**9,4**	**32,8**
									Wärmestufe:
78	Naphthalindämpfe	10,0	78,5	218	[154]	[8380]	[7,6]	11,5	27,4
83		10,0	78,5	218	[126]	[10100]	[7,6]	11,5	
88		10,0	78,5	218	[148]	[8600]	[6,4]	[1	
Mittel		—	—	**218**	**[137]**	**[9025]**	[7		

Nach dem Bruch			Entfernung des Bruches von der nächsten Endmarke	Bruchaussehen	Bemerkungen
Dehnung % auf		Querschnittsverminderung %			
je 30 mm	90 mm				
δ_{30}	δ_{90}	q	mm		
gewalzt.					
Zimmerwärme.					
39,9	38,3	39,1	40	hellgrau bis gelb, sehr feinkörnig, mit matten, schuppigen Trichterrändern	Zwischen 10 und 15 kg/qmm Belastung ebenfalls Proportionalität mit $\Delta\lambda = 150$.
43,0	40,0	36,0	40		Mit Martens'schem Spiegelapparat gewöhnlicher Konstruktion geprüft.
41,5	**39,2**	**37,5**	—		
+ 100 C°.					
45,5	43,0	37,6	30	hellgrau bis gelb, sehr feinkörnig, mit matten, schuppigen Trichterrändern	
48,2	43,7	39,1	40		
43,4	42,0	36,0	40		
45,7	**42,9**	**37,6**	—		
+ 200 C°.					
65,3	57,5	56,4	40	hellgrau bis gelb, sehr feinkörnig, mit matten, schuppigen Trichterrändern	Von 14 kg/qmm ab starkes Nachstrecken.
64,3	58,7	56,4	10		Schlechte Wirkung des Spiegelapparates.
77,5	70,5	53,7	20		Von 12 kg/qmm ab Nachstrecken.
69,0	**62,2**	**55,5**	—		
+ 300 C°.					
72,0	53,5	61,6	10	körnig, eben	Sehr unregelmäß. Spiegelablesungen trotz gleichbleibend. Versuchswärme.
64,0	34,3	59,0	5		$\Delta\lambda$ von gleich an steigend, Proportionalität nicht vorhanden. Bruchlast wahrscheinlich fehlerhaft.
68,0	58,0	48,6	40		$\Delta\lambda$ wie bei Nr. 69.
65,6	**48,6**	**56,4**	—		
+ 400 C°.					
86,6	77,3	60,8	5	verbleit, eben	Schon bei 1 kg Spannung Nachstrecken.
75,1	67,7	51,0	15		Desgl. Der größere Theil der Dehnung unter der Bruchlast.
83,2	71,5	54,2	5		Desgl.
81,6	**72,2**	**55,3**	—		
gegossen.					
Zimmerwärme.					
24,9	23,8	26,0	5	schmutzig-gelb, feinschuppig, Bruch von poröser Stelle am Rande ausgehend;	Streckgrenze nicht scharf ausgeprägt.
12,8	11,9	20,6	30	theils schmutzig-gelb, feinkörnig, theils goldgelb, körnig, uneben;	Desgl.
28,0	27,9	27,8	20	schmutzig-gelb, feinkörnig, mit mattgrauen Einlagerungen	Desgl.
21,9	**21,2**	**24,8**	—		
+ 100 C°.					
28,0	27,7	24,4	25	wie bei Nr. 76	
14,0	13,7	17,2	15	wie bei Nr. 81	$\Delta\lambda$ von gleich an schwach wachsend.
40,8	39,4	31,1	20	wie bei Nr. 76	Desgl.
27,6	**26,9**	**24,2**	—		
+ 200 C°.					
26,0	25,5	26	10	röthlich gelb, mit grauen Beimengungen u. kleiner krystallinischer Ausscheidung;	Nach dem Bruch viele klaffende und feine Querrisse.
19,5	18,9	26	30		
42 5	40,4	35,9	10	wie bei Nr. 78, nur mehr gelb	Probe schon vorher bei 200° bis 7 kg/qmm belastet, erster Versuch wegen schlechten Spiegelsitzes abgebrochen.
29,3	**28,3**	**29,3**	—		

Stab Nr.	Art der Erwärmung	Abmessungen: Durchmesser mm d	Abmessungen: Querschnitt qmm F	Beobachtete Versuchsmenge C° W	Dehnung für 100 kg % × 10⁴ Δλ	Elastizitätsmodul kg/qmm E	Spannungen kg/qmm: Proportionalitätsgrenze σP	Spannungen kg/qmm: Streckgrenze σS	Spannungen kg/qmm: beim Bruch σB
									Wärmestufe:
79	Naphthylamindämpfe	10,0	78,5	286	[154]	[8270]	[3,8]	8,9	21,5
84		10,1	80,1	295	[186]	[6710]	[3,7]	7,5	19,0
89		10,0	78,5	292	[178]	[7160]	[5,1]	7,0	20,4
Mittel		—	—	**[291]**	**[178]**	**[7880]**	**[4,2]**	**7,8**	**20,3**
									Wärmestufe:
80	Metallbad	10,0	78,5	380	—	—	—	1,9	6,4
85		9,9	77,0	[400]	—	—	—	1,3	7,1
90		10,0	78,5	[400]	—	—	—	1,9	5,4
Mittel		—	—	**398**	—	—	—	**1,7**	**6,3**
									Vierprozentige Mangan-
									Wärmestufe:
46	—	10,0	78,5	16,0	108	11800	2,6	14,0	29,0
51		10,0	78,5	15,5	110	11600	2,6	12,7	28,7
56		10,0	78,5	14,8	106	12200	2,6	14,0	29,6
Mittel		—	—	**15,4**	**108**	**11900**	**2,6**	**13,6**	**29,1**
									Wärmestufe:
47	Wasserdämpfe	10,0	78,5	96	106	12000	3,8	12,7	26,8
52		10,0	78,5	96	108	11800	3,8	11,5	26,1
57		10,0	78,5	96	104	12300	2,6	[11,5]	27,1
Mittel		—	—	**96**	**106**	**12000**	**3,4**	**[11,9]**	**26,7**
									Wärmestufe:
48	Naphthalindämpfe	10,0	78,5	218	112	11400	6,4	11,5	26,1
53		10,0	78,5	218	98	13000	10,2	11,5	25,8
58		10,0	78,5	218	126	10100	10,2	11,5	25,8
Mittel		—	—	**218**	**112**	**11500**	**8,9**	**11,5**	**25,9**
									Wärmestufe:
49	Naphthylamindämpfe	10,0	78,5	275	88	14500	3,8	11,5	25,8
54		10,0	78,5	282	94	13600	2,5	11,5	25,9
59		9,9	77,0	284	116	11200	9,1	13,0	26,[illegible]
Mittel		—	—	**280**	**99**	**13100**	**5,1**	**12,[illegible]**	
50	Metallbad	9,1	65,0	360	(151)	(10200)	(3,1)		
55		9,9	77,0	395	(148)	(8660)	(2,6)		
60		9,9	77,0	380	(162)	(8000)	(6,5)		
Mittel		—	—	**378**	**(154)**	**(8950)**	**(4,1)**		
91	—	10,0	78,5	—	**136**	**9400**	**7,[illegible]**		

Nach dem Bruch			Entfernung des Bruches von der nächſten Endmarke	Bruchanſehen	Bemerkungen
Dehnung % auf		Querſchnittsverminderung %			
je 30 mm	90 mm				
δ_{30}	δ_{90}	q	mm		
+ 300 C°.					
42,8	47,3	34,4	30	feinſchuppig, mit poröſer Stelle	
68,0	60,6	49,2	30		
66,8	58,8	48,2	30		
59,2	**55,6**	**43,9**	—		
+ 400 C°.					
40,5	37,0	32,7	20	verbleit	Schon bei 1 kg Spannung Nachſtrecken.
32,5	28,9	19,2	45		Desgl.
23,7	23,1	22,5	40		Desgl.
32,2	**29,7**	**24,8**	—		
Bronze, gewalzt.					
Zimmerwärme.					
40,3	35,4	75,0	20	Lachsfarb., mehrfacher Trichter, uneben;	
41,4	38,8	64,0	20	Lachsfarben, Trichter, Kern hohl mit Kryſtallausſcheidungen;	Mit Martens'ſchem Spiegelapparat gewöhnlicher Konſtruktion geprüft.
40,4	38,6	64,0	20	Lachsfarben, Trichter, Kern porös	Desgl.
40,7	**37,6**	**67,7**	—		
+ 100 C°.					
35,7	31,8	68,7	40	wie bei Nr. 51	
39,0	33,8	72,9	10		
39,8	34,8	67,5	40		Spiegelableſungen von 800 kg Belaſtung ab unſicher.
38,2	**33,5**	**69,7**	—		
+ 200 C°.					
38,9	34,5	65,2	10	zweifacher Trichter, Kern porös	
37,1	32,6	65,2	40		
37,7	33,1	66,4	40		
37,9	**33,4**	**65,6**	—		
+ 300 C°.					
35,3	31,8	59,0	20	zweifacher Trichter, Kern porös	Dehnung nicht ermittelt, da Stab verſehentlich nicht getheilt war.
—	—	56,4	—		
38,6	35,7	54,2	30		
[37,0]	**[33,8]**	**56,5**	—		
400 C°.					
,7	11,1	16,8	40	verbleit, ebener Bruch	
,4	15,3	21,0	40		
2	19,5	22,9	30		
	15,3	**20,2**	—		
onze.					
	(43,7)		15	hell gelbgrau, glänzend, ſchief zur Achſe	Die Werthe für die Querſchnittsverminderung ſind bei allen Verſuchen unſicher, weil die Stäbe ſtark knitterig geworden und die Bruchflächen daher ſehr unregelmäßig begrenzt ſind.

Stab Nr.	Art der Erwärmung	Abmessungen: Durchmesser mm d	Abmessungen: Querschnitt qmm F	Beobachtete Versuchswärme C° W	Dehnung für 100 kg % × 10⁴ Δλ	Elastizitätsmodul kg/qmm E	Spannungen kg/qmm: Proportionalitätsgrenze σP	Spannungen kg/qmm: Streckgrenze σS	Spannungen kg/qmm: beim Bruch σB
									Wärmestufe:
92	Wasserdämpfe	10,0	78,5	97	144	8850	8,9	14,0	31,2
97		10,0	78,5	96	136	9400	8,9	14,0	35,0
Mittel		—	—	**96**	**140**	**9125**	**8,9**	**14,0**	**33,1**
									Wärmestufe:
93	Naphthalindämpfe	10,0	78,5	218	134	9950	8,9	14,0	34,1
98		10,0	78,5	218	[150]	[8490]	7,6	12,7	35,0
Mittel		—	—	**218**	**142**	**[9220]**	**8,3**	**13,4**	**34,6**
									Wärmestufe:
94	Naphthylamindämpfe	9,9	77,0	275	144	9020	11,7	14,3	34,4
									Wärmestufe:
95	Metallbad	10,0	78,5	[390]	178	5400	3,2	12,7	27,4

ist, die vorgeschriebene Versuchswärme bei allen Versuchen gleichmäßig zu erzielen und äußere Temperatureinflüsse soweit fern zu halten, daß der Wärmezustand des Stabes und der Meßvorrichtungen während des ganzen Versuches konstant blieb. Wärmeschwankungen während des Versuches beeinflußten aber den Verlauf des einzelnen Linienzuges in seiner Regelmäßigkeit an sich und zwar mußten zu große Werthe für die Dehnung gefunden werden, wenn die

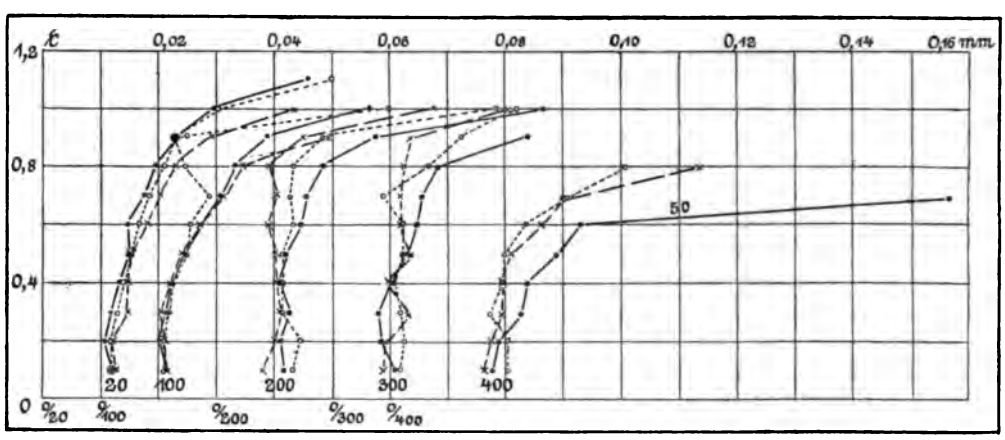


Fig. 14. 4prozentige Manganbronze.

Wärme des Stabes zunahm oder die Meßapparate und im Besonderen die Meßstangen eine Abkühlung erfuhren. Umgekehrt mußten die Ablesungen für die Dehnung zu gering ausfallen, sobald der Stab sich abkühlte oder die Meßstangen sich mehr erwärmten. Recht deutlich trat dieser Einfluß bei Prüfung des Stabes Nr. 24 aus Martinstahl zu Tage. Wie die wiederholten Thermometerablesungen zeigten, sank die Wärme bei diesem Versuch während 18 Laststufen allmählig von 286—241 C°, d. h. ins Gesammt um 45 C° und durchschnittlich von

Nach dem Bruch			Entfernung des Bruches von der nächsten Endmarke	Bruchaussehen	Bemerkungen
Dehnung % auf		Querschnittsverminderung %			
je 30 mm	90 mm				
δ_{30}	δ_{90}	q	mm		
+ 100 C°.					
20,0	19,2	(24,4)	20	schmutzig gelbgrau, feinschuppig, strahlig, mit großer oxydirter Blase am Rande	
34,2	32,2	(45,3)	5		
27,1	**25,7**	(**34,9**)	—		
+ 200 C°.					
31,7	30,1	(40,6)	40	uneben, schuppig bis blätterig	
37,2	35,1	(45,2)	40		
34,5	**32,6**	(**42,9**)	—		
+ 300 C°.					
31,3	29,2	(34,7)	20	uneben, schuppig bis blätterig	
+ 400 C°.					
33,6	27,8	(32,7)	10	verbleit	

einer Laststufe zur andern um 2,5 C°, vorausgesetzt, daß die Abkühlung gleichmäßig fortschritt und für jede Laststufe die gleiche Zeitdauer aufgewendet wurde. Die Dehnungsstufen betrugen denn auch bei diesem Versuch im Mittel nur 0,0026 mm, während sie bei den beiden anderen gleichartigen Versuchen mit konstanter Versuchswärme den mittleren Werth von 0,0067 mm erreichten.[1])

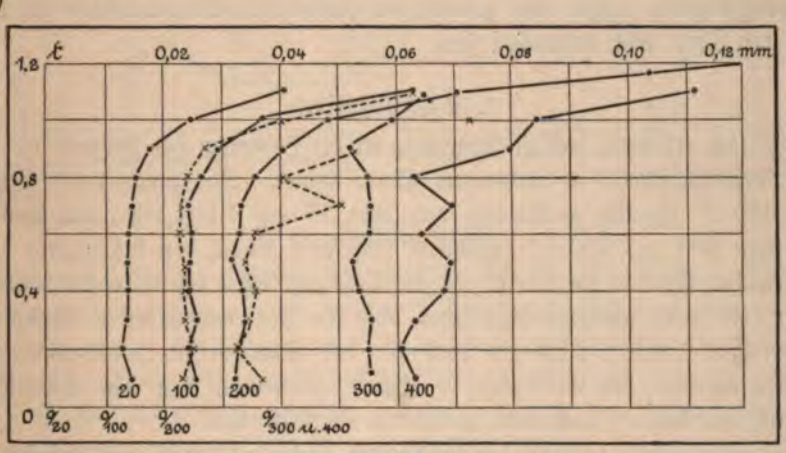


Fig. 15. 15prozentige Manganbronze.

Die Abweichungen von der vorgeschriebenen Versuchswärme mußten bei Bestimmung der Dehnungsstufen um so mehr ins Gewicht fallen, je mehr die Festigkeitseigenschaften und vor Allem die Dehnung λ des Versuchsmaterials dem Einfluß der Erwärmung überhaupt unterlag.

[1]) Mit Rücksicht auf die beständige Abnahme der Versuchswärme wurden für den Stab 24 nur die Bruchlast und die Bruchdehnung bei den nachstehenden Betrachtungen in Rücksicht gezogen und zwar für eine Versuchswärme von 240 C°.

Dies dürfte die Ursache sein, daß die Schaulinien für Martinstahl innerhalb der Wärmestufen bis 300 C° wesentlich besser übereinstimmen, als bei den übrigen untersuchten Materialien. Denn wie aus den Werthen in Tab. 3 ersichtlich ist, so änderten die Dehnungen λ sich bei dem Martinstahl mit zunehmender Wärme bis 300 C° nur wenig; sie betrugen bei Zimmerwärme 62 und bei 300 C° 67 Einheiten, während sie z. B. beim gewalzten Deltametall schon zwischen 20 und 200 C° von 144 auf 177 stiegen. Der große Einfluß der Wärmezunahme zwischen 300 und 400 C° auf den Dehnungskoeffizienten des Kupfers läßt es auch erklärlich erscheinen, daß die eine Schaulinie in der Gruppe für 400 C° so wesentlich von den anderen abweicht. Der Stab mit der abweichenden Schaulinie war nämlich nach den Angaben auf dem Protokoll bei 400 C° geprüft, während die Versuchswärme wenigstens bei dem einen der beiden anderen Stäbe nur 378 C° betrug.

Um nun bei der Beurtheilung der Versuchsergebnisse auch den stattgehabten geringen Wärmeunterschieden Rechnung tragen zu können, sind in Tab. 3 die beim Versuch beobachteten Wärmegrade mit angegeben. —

Die Mittelwerthe für die Hauptergebnisse sind nach den verschiedenen Materialien getrennt, in Fig. 16—22 in Schaulinien dargestellt, bei deren Verzeichnung die mittleren Versuchswärmen als Abscissen und die für diese beobachteten Werthe der Festigkeitseigenschaften als Ordinaten aufgetragen wurden. In Fig. 16—21 wurden die für dieselben Eigenschaften erhaltenen Punkte durch Kurven mit einander verbunden, in Fig. 22 dagegen durch gerade Linien, um anzudeuten, daß die durch letztere dargestellten Ergebnisse wegen der geringeren Zahl der gleichartigen Einzelversuche weniger zuverlässig sind.

Die Bedeutung der Linienzüge ist durch die Zeichen gekennzeichnet, welche neben die Endpunkte der Linien niedergeschrieben sind und mit denjenigen übereinstimmen, die unter dem Kopf der Tab. 3 angegeben sind.

Im Nachstehenden mögen nun zunächst die beobachteten Wärmeeinflüsse für die einzelnen Materialien der Reihe nach besprochen sein.

1. Schweißeisen.

Fig. 16 läßt erkennen, daß die Spannung an der P-Grenze sich zwischen 15 und 100 C° nur wenig, aber anscheinend in wachsendem Sinne ändert. Mit zunehmender Erhitzung fällt sie bis zu 250 C° ziemlich gleichmäßig von etwa 18 auf 7 kg/qmm, um dann allmählig auf den zwischen 300 und 400 C° annähernd konstanten Werth von 5 kg/qmm überzugehen. Wie schon erwähnt ist, sind die Werthe für die Dehnungsstufen besonders bei höheren Wärmegraden zum Theil recht unregelmäßig, sodaß auch die Bestimmung der P-Grenze dann nicht zuverlässig erfolgen konnte. Dies gilt auch für das Schweißeisen. Immerhin erscheint es aber nach dem Verlauf der Linienzüge in Fig. 9 zweifellos, daß das Schweißeisen seine Elasticität auch bei 400 C° noch nicht vollständig eingebüßt hat.

Der Elastizitätsmodul nimmt mit wachsender Wärme ab und zwar zwischen etwa 100 und 300 C° sehr stark, vorher und bis zu 400 C° in geringerem Grade.

Die Streckgrenze σ_S unterliegt dem Einfluß des Erhitzens in ähnlicher Weise wie die P-Grenze; nur dürfte innerhalb der angewendeten Versuchswärme deren hauptsächlichster Einfluß schon bei 200 C° erschöpft sein, auch erreicht er nicht den gleichen Grad wie bei der P-Grenze.

Die Bruchspannung σ_B nimmt bis zu 250 C° allmählig zu, um dann mit steigender Wärme schnell abzufallen, so daß bei etwa 380 C° die Festigkeit wie bei Zimmerwärme

wieder erreicht iſt. Umgekehrt verhalten ſich die Bruchdehnungen δ_{30} und δ_{90} und die Querſchnittsverminderung q; ſie nehmen anfangs ſtark ab und ſteigen dann in annähernd gleichem Maße wieder. Für die Dehnung wurden die geringſten Werthe bei etwa 150 C° und die gleichen Werthe wie für Zimmerwärme bei etwa 300 C° beobachtet. Für die Querſchnittsverminderung liegen dieſe beiden Werthe bei etwa 200 und 350 C°.

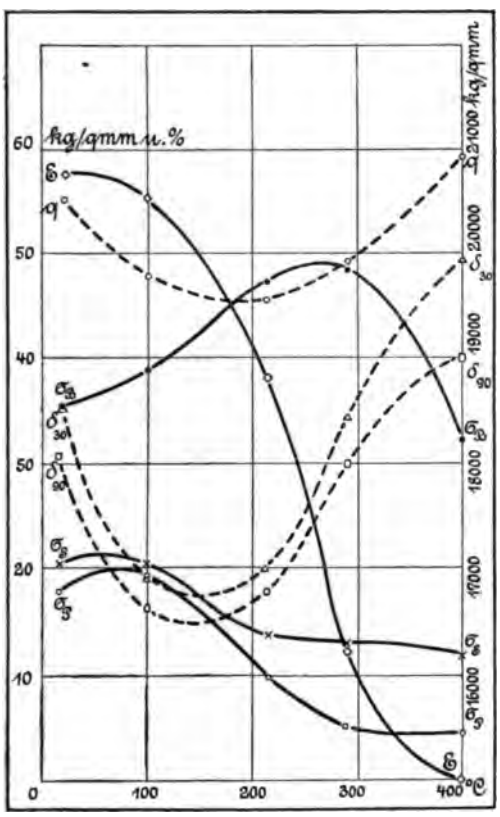


Fig. 16. Schweißeiſen.

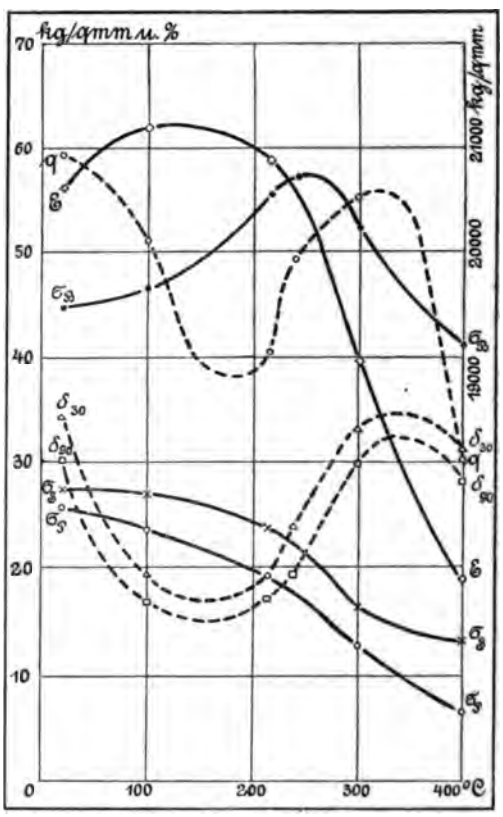


Fig. 17. Martinſtahl.

2. Martinſtahl.

Die Spannung an der P-Grenze nimmt nach Fig. 17 mit ſteigender Wärme bis zu 400 C° annähernd konſtant ab. Sehr deutlich iſt dieſes Verhalten auch aus der Länge der geraden Strecke der in Fig. 10 nach den beobachteten Dehnungsſtufen aufgetragenen Schaulinien zu erkennen. Für 400 C° verlaufen dieſe Schaulinien im Einzelnen zwar ſehr unregelmäßig, doch läßt die für ſie gültige Ausgleichslinie das Vorhandenſein der Proportionalität zwiſchen Belaſtung und Dehnung auch bei 400 C° noch deutlich erkennen.

Der Elaſtizitätsmodul weiſt bis zu etwa 150 C° eine Zunahme auf, bei etwa 230 C° erreicht er den Werth für 20 C° wieder und fällt dann mit ſteigender Wärme konſtant und ſehr ſchnell, ſodaß er bei 400 C° nur noch 17000 kg/qmm gegen urſprünglich 20600 kg/qmm beträgt.

Die Streckgrenze σ_s ändert ſich bis 100 C° nur unbedeutend, dann nimmt ſie allmählig in ſtärkerem Maße ab, bis der Einfluß der Wärme zwiſchen 300 und 400 C° wieder ein geringerer zu werden ſcheint.

Die Bruchſpannung σ_B zeigt bis zu 250 C° ein allmählig ſtärker werdendes Anwachſen; dann fällt ſie mit zunehmender Wärme ſchnell ab, ſodaß ſchon bei 350 C° der urſprüngliche Werth wieder erreicht iſt.

Die beiden Schaulinien für die Bruchdehnungen δ_{30} und δ_{90} verlaufen faſt vollſtändig parallel. Sie zeigen, daß die Dehnbarkeit des Martinſtahles mit der Erwärmung bis auf 150 C° ſchnell abnimmt, dann in annähernd gleichem Maße wächſt, bei etwa 330 C° die urſprünglichen Werthe wieder erreicht und dann bis zu 400 C° abermals abnimmt.

Die Querſchnittsverminderung unterliegt dem Einfluß der Erwärmung in ähnlicher Weiſe wie die Dehnung, nur iſt der Einfluß zwiſchen 330 und 400 C° bedeutend größer als bei der Dehnung.

3. Kupfer.

Die Beſtimmung der P-Grenze bei den unterſuchten Kupferproben iſt außerordentlich unſicher. Ein Blick auf Fig. 11 zeigt, daß die Lage der aufgetragenen Beobachtungswerthe für die Dehnungsſtufen dazu berechtigen würde, den Ausgleichslinien für alle Wärmeſtufen ſchon von 100 kg Belaſtung ab eine mehr oder weniger große Neigung zu der Ordinatenachſe zu geben. Dies würde beſagen, daß das unterſuchte Kupfer überhaupt keine P-Grenze beſaß oder daß dieſe unter 100 kg Belaſtung lag. Bei der Beſtimmung der P-Grenze unmittelbar nach den Beobachtungswerthen ließen die unter ihnen vorhandenen Unregelmäßigkeiten die aus den Ausgleichslinien erſichtliche Steigung zur allmähligen Zunahme der Dehnungsſtufen nicht erkennen, ſodaß die P-Grenze auf die angegebenen Spannungen gelegt werden mußte. Wenn ſich nun hierbei ergab, daß die P-Grenze mit zunehmender Erwärmung bis auf 200 C° höher rückt, bei 300 C° jedoch ſchon nicht mehr vorhanden iſt (ſ. Fig. 18), ſo findet dieſe Beobachtung durch Betrachtung der Fig. 11 nur in ſoweit eine Beſtätigung, als dieſe Auftragungen darthun, daß bis zu 200 C° die Neigung der anfänglich gerade verlaufenden Ausgleichslinien zur Ordinatenachſe abnimmt und daß die Länge dieſer geraden Strecke zunimmt, während die Ausgleichslinien bei 300 und 400 C° ſchon bei den geringſten Belaſtungen einen kurvenartigen Verlauf haben.

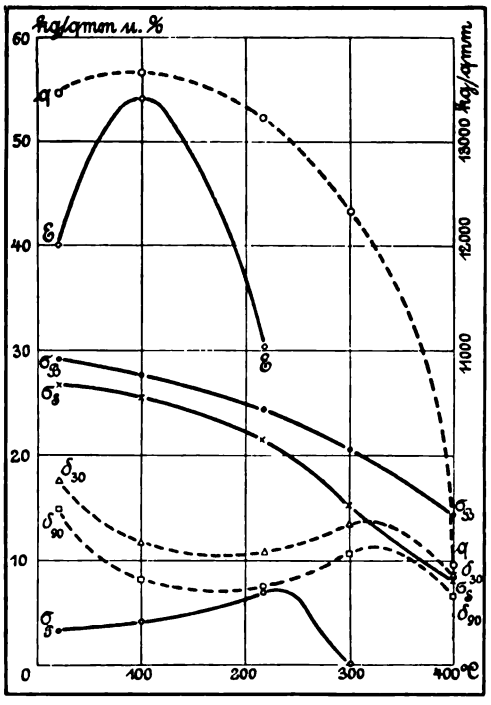


Fig. 18. Kupfer.

Der Elaſtizitätsmodul nimmt mit der Erwärmung anfänglich zu, fällt aber von 100 C° ab in gleichem Maße wieder.

Die Spannungen an der Streckgrenze und beim Bruch nehmen mit ſteigender Verſuchswärme beſtändig ab.

Die Bruchdehnung nimmt bis zu etwa 175 C° ab, ſteigt dann bis zu etwa 320 C°, ohne indeſſen den Werth für 20 C° wieder zu erreichen, und nimmt dann mit ſteigender Wärme abermals ſchnell ab.

Die Querſchnittsverminderung ändert ſich zwiſchen 20 und 150 C° nur wenig; ſie ſcheint aber bei 100 C° den höchſten Werth zu erreichen, um von da ab beſtändig und in ſehr erheblichem Maße abzunehmen.

4. Deltametall.

a) Für das gewalzte Material (ſ. Fig. 19) ſteigt die P-Grenze mit der Erwärmung auf 100 C°, wie auch aus dem Verlauf der Schaulinien Fig. 12 deutlich zu erſehen iſt. Schon für 200 C° ſind dieſe Linien gegen die Ordinatenachſe ſchwach geneigt. Strenge genommen iſt ſomit bei dieſem Wärmegrad eine P-Grenze überhaupt nicht mehr vorhanden und die unmittelbar nach den Ableſungen für die Dehnungsſtufen beſtimmten Werthe für σ_P und E ſind daher als unſicher zu bezeichnen.

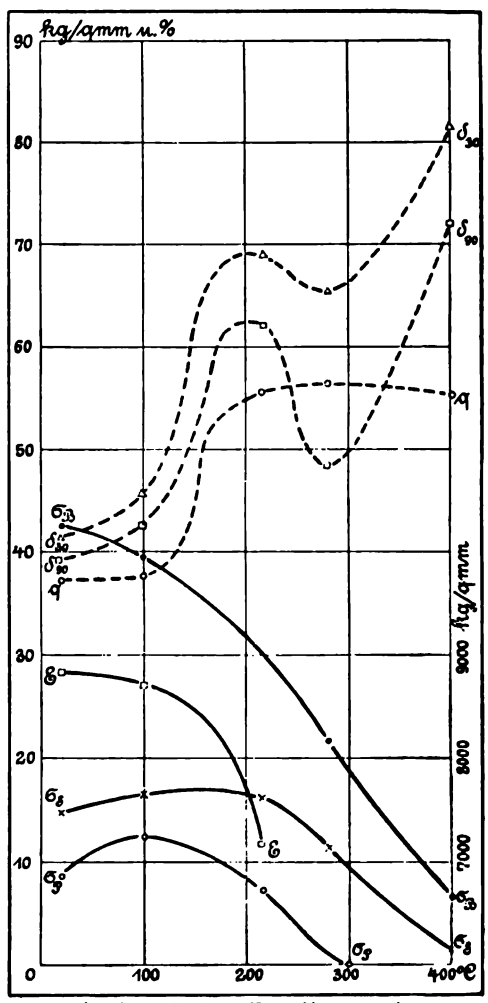


Fig. 19. Delta-Metall, gewalzt.

Die Streckgrenze liegt bei 100 C° ſichtlich um weniges höher als bei 20 C°. Bei 200 C° wurde annähernd derſelbe Werth für ſie ermittelt wie bei 100 C°; hierbei iſt indeſſen zu beachten, daß das Fließen bei niederen Wärmegraden ziemlich plötzlich eintrat, die Streckgrenze ſomit ſchärfer beſtimmt werden konnte, als bei 200 C°, wo der Fließbeginn weniger ſcharf ausgeprägt iſt. Aus demſelben Grunde dürfte auch für 300 C° die Streckgrenze nach den Beobachtungswerthen für die Dehnungsſtufen zu hoch beſtimmt ſein. Bei 400 C° iſt von einer Streckgrenze überhaupt kaum noch zu ſprechen, da ſchon bei 1 kg/qmm Spannung ein deutliches Nachſtrecken unter der Laſt beobachtet werden konnte.

Die Bruchſpannung nimmt mit ſteigender Wärme beſtändig und mit Ueberſchreitung von 200 C° der Wärmezunahme proportional ab.

Die Bruchdehnung nimmt im Allgemeinen mit der Erwärmung zu; nur zwiſchen 200 und 300 C° wurde eine Abnahme beobachtet.

Die Querſchnittsverminderung blieb von 200 C° ab annähernd konſtant, nachdem vorher von 100 C° ab eine ſtarke Zunahme ihres Werthes ſtattgehabt hatte.

b) Für das gegoſſene Material Fig. 20 gilt hinſichtlich der P-Grenze das zum Kupfer Geſagte, d. h. mit Rückſicht auf die geringe Neigung, welche die Schaulinien Fig. 13 von Anfang an zur Ordinatenachſe haben, iſt ſtrenge genommen eine P-Grenze überhaupt nicht vorhanden. Sieht man indeſſen von dieſer geringen Neigung ab, ſo kann nach der zunehmenden Länge der anfänglich geraden Strecke der Schaulinien auf ein Heben der P-Grenze mit zunehmender Erwärmung bis 200 C° geſchloſſen werden. Von da ab fällt ſie indeſſen beſtändig.

Der Einfluß der Erwärmung auf die Streckgrenze und auf die Bruchgrenze ist annähernd der gleiche wie bei dem gewalzten Deltametall.

Die Bruchdehnung und Querschnittsverminderung nehmen bis zu 200 C° wenig, dann aber bis zu 300 C° in erheblichem Maße zu. Bei weiterer Wärmesteigerung nehmen sie schnell ab; und zwar sind schon bei 400 C° für die Dehnung die gleichen Werthe wieder erreicht wie für 200 C° und für die Querschnittsverminderung sogar der Werth wie bei 20 C°.

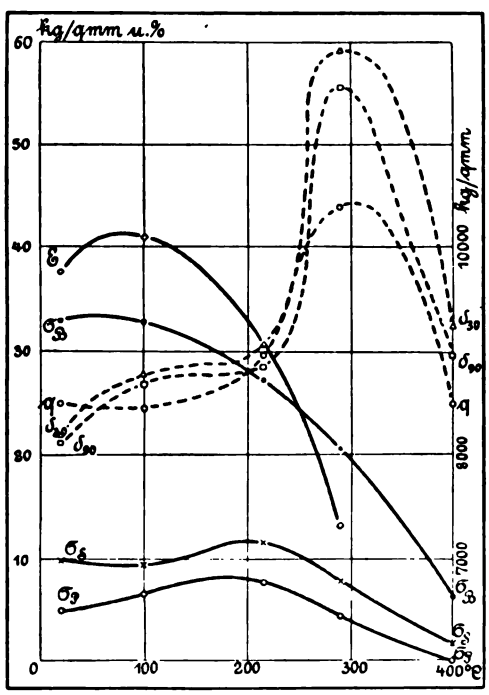


Fig. 20. Delta-Metall, gegossen.

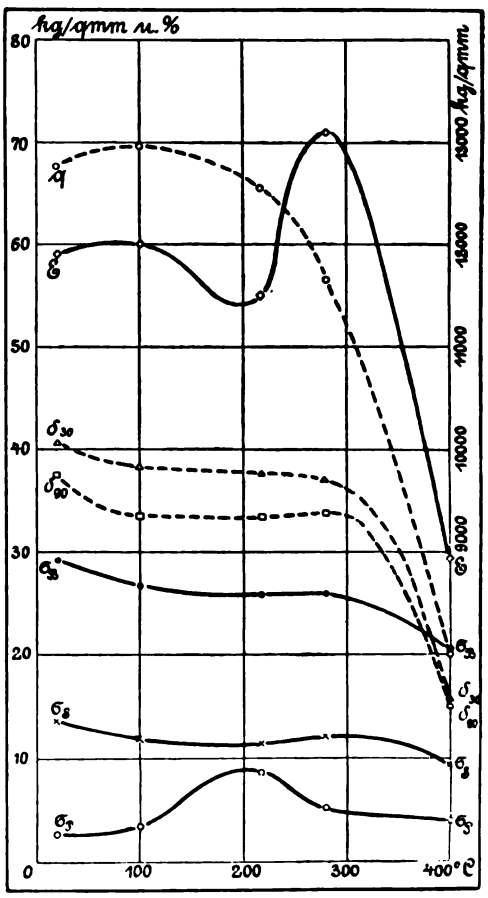


Fig. 21. 4prozentige Manganbronze.

5. Manganbronze.

a) Bei der 4prozentigen gewalzten Bronze tritt der Einfluß zunehmender Erwärmung auf die Festigkeitseigenschaften des Materiales bis zur Streckgrenze sehr deutlich in Fig. 14 zu Tage. Die Schaulinien für die Wärmestufen von 20 und 100 C° verlaufen allenfalls bis 200 und 300 kg Belastung als Gerade der Ordinatenachse parallel und gehen dann unverkennbar in eine Curve mit allmählig abnehmendem Krümmungsradius über. Dagegen reicht der geradlinige Verlauf bei den für etwa 200 C° gewonnenen Schaulinien bis zu 500 und 800 kg Belastung, bei den Schaulinien für 300 C° im Mittel nur bis zu 400 kg und bei den Linien für 400 C° höchstens bis 350 kg, wenn er für Reihe überhaupt noch als bestehend angesehen werden kann. Hiernach erscheint wohl gerechtfertigt, daß die untersuchte Bronze die am höchsten gelegene P besitzt und daß diese Spannungsgrenze selbst bei 300 C° noch höhe und 100 C°.

Die Streckgrenze weist den größten Werth bei 20 C° auf, erleidet aber eine nennenswerthe Herabminderung überhaupt nur durch die Erwärmung auf 400 C° (s. Fig. 21). Zu beachten ist ferner, daß der Fließbeginn bei 200 C° und darüber wesentlich schärfer hervortritt als bei niederen Wärmegraden (s. Fig. 14).

Die Bruchfestigkeit ist ebenfalls bei 20 C° am größten, bleibt zwischen 100 und 300 C° annähernd konstant und geht dann mit zunehmender Wärme weiter herunter.

Die Bruchdehnung wird durch steigende Versuchswärme in gleicher Weise beeinflußt wie die Bruchfestigkeit, jedoch ist ihre Abnahme bei 400 C° wesentlich größer. Von Werth erscheint es, hiermit den Einfluß der Erwärmung auf den Elastizitätsmodul in Vergleich zu stellen. Zwischen 20 und 200 C° ist eine geringe Abnahme des Moduls zu bemerken, bei 300 C° nimmt er erheblich zu, um dann plötzlich abzufallen. Das Zusammentreffen des höchsten Moduls mit der Abnahme der Bruchfestigkeit und Dehnung bei 300 C° dürfte darthun, daß mit diesem Wärmegrade ein plötzliches Brüchigwerden des Materials eintritt.

Die Querschnittsverminderung nimmt von 200 C° ab ebenfalls stark ab.

b) Für die 15prozentige Bronze fehlen die Angaben darüber, ob das Probematerial im gegossenen oder mechanisch bearbeiteten Zustande eingeliefert wurde. Man dürfte indessen mit Rücksicht auf die beobachteten Festigkeitseigenschaften nicht fehl gehen, wenn man den letztgenannten Zustand annimmt.

Der Einfluß der Erwärmung auf die Festigkeitseigenschaften dieses Materials ist äußerst gering (s. Fig. 22).

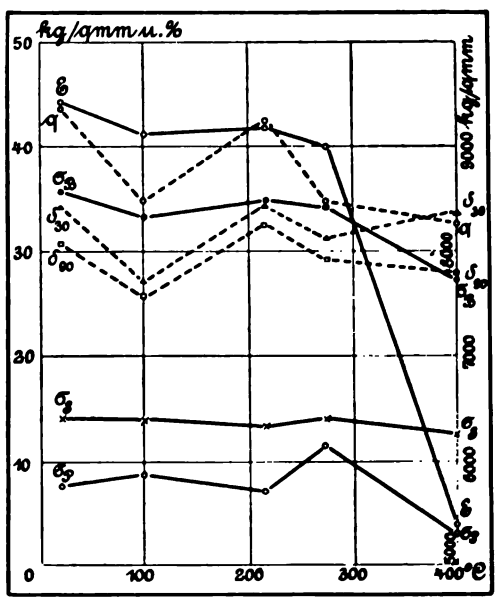


Fig. 22. 15prozentige Manganbronze.

Die P-Grenze zeigt nach voraufgegangenem geringen Ansteigen von 300 C° ab eine Abnahme. Ebenso erlitten auch der Elastizitätsmodul und die Bruchfestigkeit erst mit dem Ueberschreiten von 300 C° eine nennenswerthe Einbuße, während die Lage der Streckgrenze und die Bruchdehnung durch die Erwärmung auf 400 C° überhaupt nicht beinflußt wurden. Die Querschnittsverminderung erlitt eine geringe allmählige Abnahme.

Um nun besser übersehen zu können, welchen Verlauf der Einfluß steigender Erwärmung auf ein und dieselbe Eigenschaft bei den verschiedenen Materialien nimmt, sind die in Fig. 16—22 nach dem Material getrennt dargestellten Schaulinien in Fig. 23—27 nochmals nach den Festigkeitseigenschaften getrennt wiedergegeben. Hierbei sind die Curven für die verschiedenen Materialien in verschiedener Art ausgeführt und zur besseren Uebersicht außerdem mit folgenden Bezeichnungen versehen: Schweißeisen (S); Martinstahl (M); Kupfer (K); Deltametall gewalzt (Dw), gegossen (Dg); 4prozentige Manganbronze (B_4) und 15prozentige Bronze (B_{15}). Ferner sind in Tab. 4 die Verhältnißzahlen zusammengestellt, welche erkennen lassen, in welchem Grade die Spannungen an der Proportionalitäts-, Streck- und Bruchgrenze wie die Dehnung auf je 30 mm vom Bruch und die Querschnittsverminderung durch die Erwärmung beeinflußt wurden.

Tabelle 4. Verhältnißzahlen für den Einfluß der Wärme auf die Festigkeitseigenschaften.

Bezogen auf die Werthe bei Zimmerwärme = 100.

Eigenschaften	Versuchswärme °C.	Material						
		Schweißeisen	Martinstahl	Kupfer	Deltametall		Manganbronze	
					gewalzt	gegossen	4 %	15 %
Proportionalitätsgrenze	100	108	92	[124]	[138]	[136]	130	116
	200	55	76	[212]	[85]	[162]	340	108
	300	29	[50]	—	—	[90]	196	152
	400	25	26	—	—	—	(158)	42
Streckgrenze	100	100	99	[95]	112	[97]	87	[100]
	200	67	88	81	110	[119]	85	[95]
	300	64	[60]	56	75	[80]	88	[102]
	400	59	48	30	9	[17]	70	[89]
Bruchgrenze	100	110	108	92	92	100	92	92
	200	134	125	81	72	82	89	94
	300	138	[118]	70	[50]	62	89	93
	400	91	92	48	16	20	71	77
Dehnung auf je 30 mm vom Bruch	100	54	56	66	110	126	94	79
	200	57	56	61	166	134	93	100
	300	94	[98]	75	158	270	[91]	91
	400	140	92	47	196	146	39	98
Querschnittsverminderung	100	87	86	103	100	97	103	[80]
	200	83	69	96	148	118	97	[98]
	300	90	[93]	78	151	176	83	[79]
	400	109	52	18	148	100	30	[75]

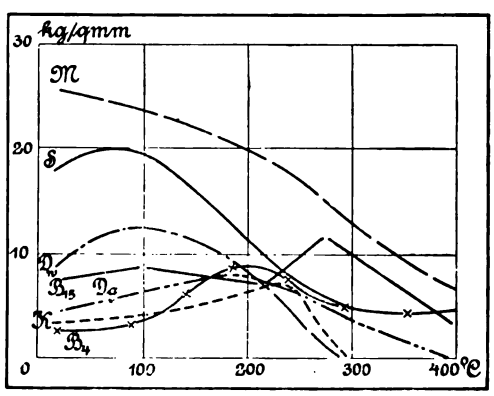


Fig. 23. Proportionalitätsgrenze.

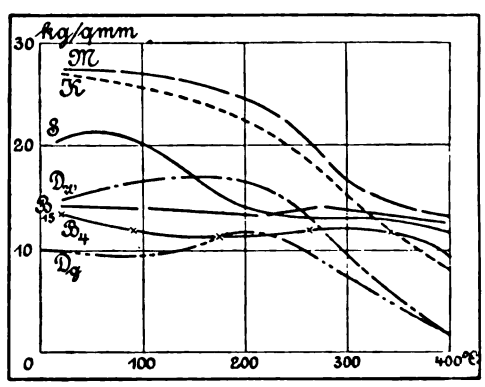


Fig. 24. Streckgrenze.

Diese Verhältnißzahlen, aus den in Tab. 2 enthaltenen Mittelwerthen berechnet, beziehen sich auf die bei Zimmerwärme erhaltenen Werthe, diese gleich 100 gesetzt.

Wie in Tab. 2, so sind auch in Tab. 4 die nicht ganz zuverlässigen Werthe in Klammern [ ] gesetzt. Ferner bleibt zu bemerken, daß für die Versuchswärmen auf volle Hunderte abgerundete Werthe eingeführt sind.

Von einer Besprechung des in Fig. 23—27 dargestellten verschiedenartigen Verhaltens der Materialien beim Erhitzen glaube ich Abstand nehmen zu können, da die Ergebnisse im

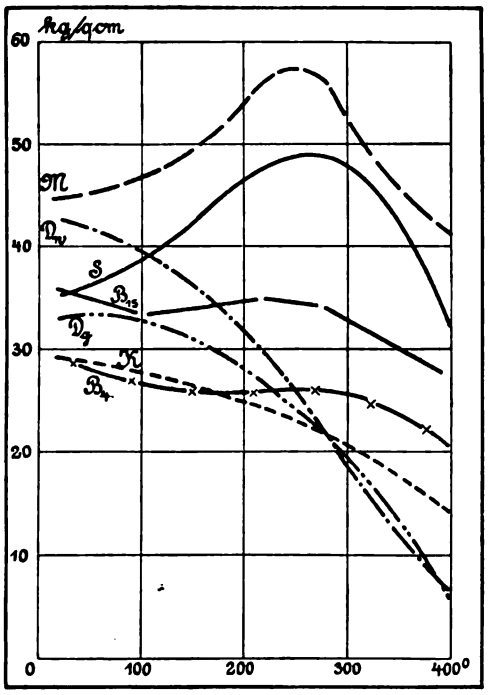


Fig. 25. Bruchspannung.

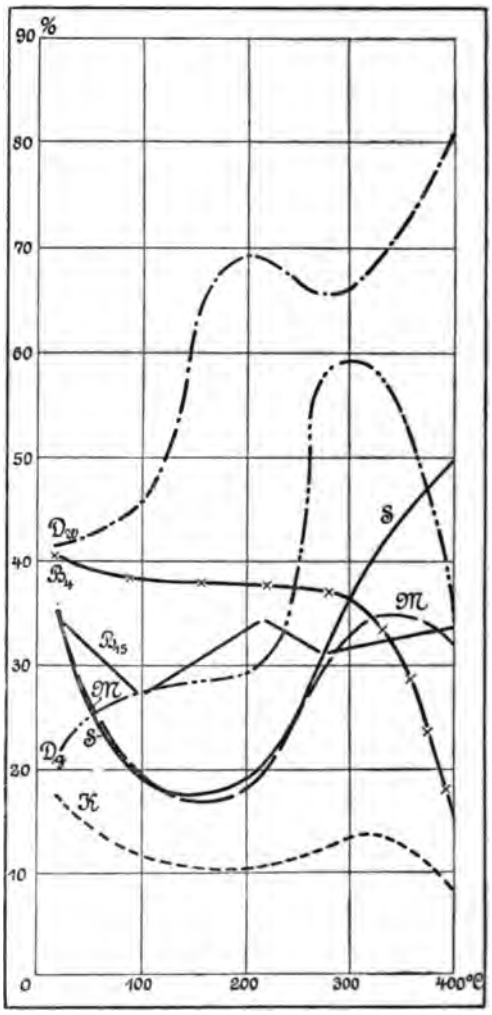


Fig. 27. Bruchdehnung (δ_{80}).

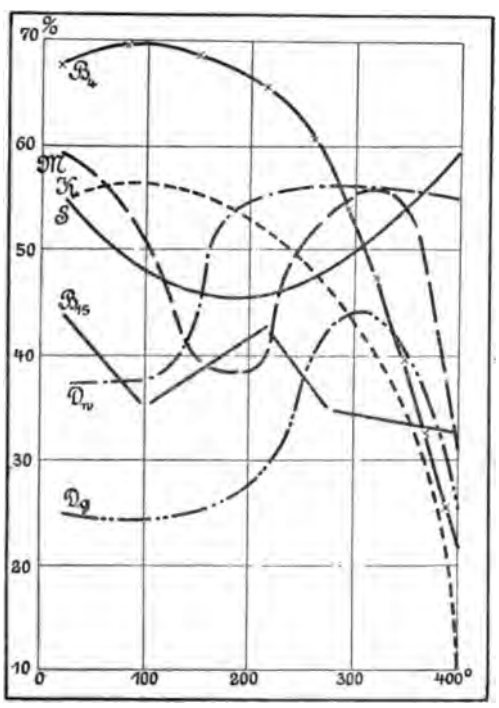


Fig. 26. Querschnittsverminderung.

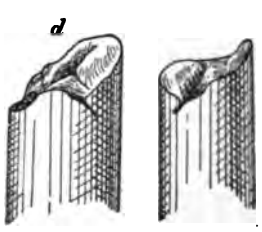


Fig. 28.

Einzelnen bereits erörtert sind und die Linien in ihrem Verlauf die Verschiedenartigkeiten ohne Weiteres erkennen lassen. Dasselbe gilt von den in Tab. 4 aufgeführten Werthen. —

Neben den bisher erörterten, in Zahlenwerthen ausdrückbaren Versuchsergebnissen verdienen auch die Erscheinungen noch der Beachtung, welche in dem Aussehen der Bruchflächen und der Oberflächen der Stäbe nach dem Bruch zu Tage getreten sind.

Die Bruchflächen sind durch die auf Taf. XIV zusammengestellten Lichtbilder veranschaulicht und zwar ist von allen Materialien zu jeder der 5 Wärmestufen eine Bruchfläche abgebildet. Die Nummern der betreffenden Proben sind unter den einzelnen Abbildungen angegeben, außerdem sind die Materialgattungen und die Wärmestufen, denen die Proben zugehören, durch Vordruck gekennzeichnet. Nicht unerwähnt möge bleiben, daß das Bruchgefüge bei den zur Wärmestufe von 400 C° gehörigen Proben aus den Lichtbildern nicht erkannt werden kann, weil die Bruchflächen mit einer dünnen Schicht des Metallbades überzogen sind. Diese Abbildungen können somit nur zur Beurtheilung des Bruchverlaufes dienen.

Für das Schweißeisen erkennt man, daß die Neigung zur Trichterbildung durchweg nur schwach ausgebildet ist, indessen mit steigender Wärme bis zu 300 C° zunimmt, während bei 400 C° ein schief zur Achse stehender zackiger Bruch auftrat.

Beim Martinstahl zeigen die Brüche bis zu 300 C° eine scharf ausgeprägte Trichterbildung, bei 400 C° stehen sie schief zur Achse oder sie sind gabelförmig ausgebildet (Stab 30). Sie haben etwa die gleiche Gestalt, wie Prof. Martens bei seinen Untersuchungen mit Siemens-Martin-Eisen schon für 300 C° fand und mit den in Fig. 28 (S. 323) wiedergegebenen Abbildungen darstellte.

Das untersuchte Kupfer zeigt bis zu 300 C° einen ausgeprägt trichterartigen Bruch. Bei 100 C° ist auf dem Trichtergrunde ein zweiter Trichter deutlich zu erkennen, während der Trichtergrund bei den übrigen Proben nur einen unebenen zackigen Verlauf nimmt. Bei 400 C° steht der Bruch ohne örtliche Einschnürung schief zur Achse, ist aber annähernd eben.

Beim gewalzten Deltametall tritt bis zu 200 C° ein schräges Abschieben in den verschiedensten Formen auf. So ist der Bruch bei 100 C° in Folge von zwei Schubflächen stets gabelförmig, bei 20 und 200 C° dagegen diagonal abgeschoben, wobei die schräge Fläche in der Mitte durch eine zur Stabachse senkrechte Fläche unterbrochen ist. Bei 200 C° ist letztere schon von beträchtlicher Ausdehnung, sie bildet gewissermaßen den Uebergang zu dem zur Achse senkrechten Bruch, wie er bei 300 und 400 C° auftrat.

Beim gegossenen Deltametall ist ein Einfluß der Versuchswärme auf die Bildung der Bruchform nicht zu erkennen.

Bei der 4prozentigen Manganbronze tritt bis zu 300 C° deutlich zweifache Trichterbildung auf, während die Brüche bei 400 C° nahezu senkrecht zur Stabachse verlaufen.

Bei der 15prozentigen Manganbronze haben nur die bei 100 C° zerrissenen Stäbe ebenen körnigen Bruch. Ihm am ähnlichsten sind die Brüche bei 400 C°, während alle anderen Stäbe mehr oder weniger schief zur Achse gerissen sind.

Die Oberflächen der bei verschiedenen Wärmegraden zerrissenen Proben lassen Unterschiede im Aussehen nur beim Deltametall und bei der 4prozentigen Manganbronze erkennen. Beim gewalzten Deltametall zeigen sich bei niederen Wärmegraden Längsfalten, welche mit zunehmender Versuchswärme immer feiner werden und bei 300 und 400 C° überhaupt nicht mehr zu beobachten sind. Im gegossenen Zustande zeigen die Deltametallstäbe, bei Zimmerwärme geprüft, eine knitterige Oberfläche. Mit steigender Versuchswärme wird die Knitterung feiner und geht schließlich in Krispelung über. Die Proben aus 4prozentiger

Manganbronze haben, bei Zimmerwärme geprüft, grobkrispelige Oberfläche; mit steigender Versuchswärme verschwindet die Krispelung mehr und mehr.

Daß diese Oberflächenerscheinungen eine unmittelbare Folge des Wärmeeinflusses sind und nicht als eine sekundäre Erscheinung etwa in Folge geringerer Dehnung der Proben bei höheren Wärmegraden angesprochen werden müssen, zeigt ein Blick auf Fig. 26, welche die Aenderungen der Bruchdehnung mit steigender Versuchswärme veranschaulicht. Nur bei der 4prozentigen Manganbronze nimmt die Bruchdehnung innerhalb 20 und 300 C° um Weniges ab, während sie beim Deltametall in beiden Zuständen, gewalzt und gegossen, beständig mit der Versuchswärme wächst. Dies gilt ganz besonders für das gewalzte Material, welches die in Frage stehenden Oberflächen-Erscheinungen am deutlichsten erkennen läßt.

IV. Schlußfolgerungen.

Im Nachstehenden mögen einige Schlußfolgerungen bezüglich der Bearbeitungsfähigkeit und bezüglich des Verhaltens der untersuchten Materialien bei verschiedenen Wärmegraden etwaigen Betriebsbeanspruchungen gegenüber gegeben sein, welche mir in den voraufgeführten Versuchsergebnissen begründet zu sein scheinen. Diese Folgerungen können zunächst nur für das Material der untersuchten Stücke gelten; sie bedürfen aber selbst bei dieser Einschränkung noch der Bestätigung durch die Erfahrungen im praktischen Betriebe. Ich möchte sie daher im Wesentlichen nur als eine Anregung dazu aufgefaßt sehen, daß den berührten Fragen auch von anderer Seite weitere Aufmerksamkeit geschenkt und, sofern praktische Erfahrungen bereits vorliegen, daß diese sei es durch Widerlegung oder Bestätigung meiner Folgerungen dem Allgemeinwohl nutzbar gemacht werden möchten.

Beim Schweißeisen und Martinstahl lassen die gleichartige Abnahme der Dehnung mit der Erwärmung bis zu 150 C° (s. Fig. 26) und die Zunahme der Bruchfestigkeit bis zu etwa 250 C° (s. Fig. 25) erkennen, daß der schädliche Einfluß des Erwärmens bis auf 250 C° auf die Bearbeitungsfähigkeit des Materials, welcher für Martinstahl schon durch ältere Versuche wiederholt nachgewiesen und auch aus der praktischen Verwendung dieses Materials hinlänglich bekannt ist, in gleichem Maße auch für das Schweißeisen besteht.

Ueber 300 C° zeigt Schweißeisen eine beständige Abnahme der Bruchfestigkeit bei gleichzeitig starkem Anwachsen der Bruchdehnung; beim Martinstahl nimmt die Festigkeit mit steigender Wärme über 300 C° zwar ebenfalls beständig ab, indessen erleidet die Dehnung abermals eine Einbuße. Hiernach dürfte der Wärmegrad, unterhalb welchem die mechanische Bearbeitung mit Rücksicht auf die wahrscheinliche Schädigung der Güteeigenschaften des Materials nicht stattfinden sollte, beim Schweißeisen bei etwa 300 C° erreicht sein, beim Martinstahl dagegen nicht unerheblich höher liegen. Dies Ergebniß deckt sich im wesentlichen mit den auf den Werken in Montluçon-St. Jacques gemachten Beobachtungen,[1]) nach denen der Wärmegrad von 700—800 C° als der zweckmäßigste für das Härten und Schmieden von Flußeisen befunden wurde. Diese Versuche erstreckten sich auf die Ermittelung der Längenänderungen von Probestäben beim Erwärmen und beim gleichmäßigen Erkalten. Beim Erwärmen nahm die Länge jenachdem der Stahl mehr oder weniger fremde Bestandtheile enthielt, nur bis 650—725 C° gleichmäßig zu und blieb dann bis zu etwa 860 C° annähernd konstant. Beim Abkühlen der Stäbe von 1000 C° verlief die Verkürzung innerhalb gleicher Zeiteinheiten an-

[1]) A. Gouvy: „Zur Bestimmung der Härtungstemperaturen". Stahl und Eisen 1890, S. 607.

Bezüglich der Manganbronze ist im Vorstehenden schon wiederholt hervorgehoben, daß ihre Festigkeitseigenschaften durch die Wärme unter den untersuchten Materialien am wenigsten beeinflußt seien. Bis zu etwa 250 C° dürfte sowohl die 4prozentige als auch die 15prozentige Bronze gleichen Betriebsspannungen mit gleicher Sicherheit widerstehen. Bei höheren Wärmegraden verliert das Material an Betriebssicherheit und bei 400 C° ist es sowohl durch geringere Festigkeit als durch erheblich verminderte Dehnung als rothbrüchig gekennzeichnet.

Für die Redaktion verantwortlich: A. Martens. — Verlag von Julius Springer in Berlin.

Druck von E. Buchbinder in Neu-Ruppin.

Bruchgefüge solcher Proben gefolgert, daß die Brüche von wiederholt beanspruchten Stäben dadurch entstehen, daß die Massentheilchen eines nach dem anderen sich von einander trennen. Auch diese Erscheinung wird man wohl am treffendsten damit erklären können, daß das elastische Arbeitsvermögen des Materials nicht hinreichte oder sich bei der schnellen Steigerung der Spannung nicht genügend entwickeln konnte, um die beim beständigen Spannungswechsel gleichsam stoßweise zugeführte Arbeit aufzunehmen, sodaß der Fehlbetrag an elastischer Arbeit durch Trennung der Massentheilchen von einander geleistet werden mußte.

Bei dem untersuchten Kupfer, welches nach den bei Zimmerwärme erhaltenen Versuchsergebnissen (hohe Spannungen an der Streck- und Bruchgrenze und geringe Bruchdehnung) als ein mechanisch stark bearbeitetes Material angesehen werden kann, wurde die Dehnbarkeit innerhalb der P-Grenze und innerhab der Temperaturen bis 180 C° (am meisten bei 100 C°) durch die Wärme dem kalten Zustande gegenüber ebenfalls beeinträchtigt. Somit ist also das Arbeitsvermögen des Materials auch innerhalb geringer Spannungen verringert. Diesem Umstande dürfte es zuzuschreiben sein, daß mechanisch stark bearbeitete (gehämmerte) kupferne Rohre in Dampfleitungen, wie die Erfahrung lehrt, während des Betriebes spröde werden und zur Aufrechterhaltung der Betriebssicherheit nach einer gewissen Betriebsdauer ausgeglüht werden müssen. Erhöht wird die Gefahr der Brüchigkeit noch dadurch, daß auch die Spannungen an der Streck- und Bruchgrenze sowie die Bruchdehnung mit steigender Wärme abnehmen.

Eine Verallgemeinerung dieser Ergebnisse erscheint nicht zulässig, zumal weil die chemische Zusammensetzung, welche die Festigkeitseigenschaften des Kupfers erheblich beeinflußt, für das untersuchte Material nicht bekannt ist und daher nicht beurtheilt werden kann, ob letzteres in dieser Beziehung dem handelsüblichen Kupfer gleicht. Man wird daher aus den gewonnenen Ergebnissen nur schließen können, daß bei Kupfer von den Eigenschaften des untersuchten Materials die zulässige Spannung mit steigender Betriebswärme niedriger zu wählen ist. Ein sicherer Maßstab hierfür wird wie beim Eisen nur durch Dauerversuche zu erlangen sein. Bei ihnen würde dann sowohl die chemische Zusammensetzung als auch der Grad der voraufgegangenen mechanischen Bearbeitung berücksichtigt werden müssen.

Beim gewalzten Deltametall liegen die Verhältnisse für den Einfluß der Wärme auf die zulässige Betriebsspannung bis zu 200 C° nach diesen Untersuchungen insofern günstiger, als mit steigender Wärme die P-Grenze und die Streckgrenze sich heben und auch die Dehnbarkeit des Materials sowohl innerhalb der P-Grenze als auch beim Bruch zunimmt. Daß die Bruchfestigkeit in stärkerem Maße abnimmt als beim Kupfer kann wohl mit Rücksicht auf die große Zähigkeit (Bruchdehnung) des Materials außer Acht gelassen werden. Man dürfte hiernach bis zu 200 C° beim gewalzten Deltametall der untersuchten Art die gleichen Betriebsspannungen als zulässig erachten, wie bei Luftwärme. Mit 300 C° hört die Proportionalität zwischen Belastung und Dehnung ganz auf. Die Festigkeit geht unter die des Kupfers herunter. Das Material erscheint also für so hohe Wärmegrade als Konstruktionsmaterial überhaupt nicht mehr verwendbar.

Für das gegossene Deltametall gilt das Vorgesagte ebenfalls. Zwar scheint bei diesem Material die Proportionalität zwischen Belastung und Dehnung auch bis zu 400 C° in geringem Maße noch gewahrt, doch erleidet die Dehnbarkeit mit Ueberschreitung von 300 C° eine solche Abnahme, daß das Material von hier ab als außerordentlich spröde und somit als unzuverlässiges Konstruktionsmaterial bezeichnet werden muß.

Bezüglich der Manganbronze ist im Vorstehenden schon wiederholt hervorgehoben, daß ihre Festigkeitseigenschaften durch die Wärme unter den untersuchten Materialien am wenigsten beeinflußt seien. Bis zu etwa 250 C° dürfte sowohl die 4prozentige als auch die 15prozentige Bronze gleichen Betriebsspannungen mit gleicher Sicherheit widerstehen. Bei höheren Wärmegraden verliert das Material an Betriebssicherheit und bei 400 C° ist es sowohl durch geringere Festigkeit als durch erheblich verminderte Dehnung als rothbrüchig gekennzeichnet.

Für die Redaktion verantwortlich: A. Martens. — Verlag von Julius Springer in Berlin.

Druck von E. Buchbinder in Neu-Ruppin.

Martin-Flusseisen.

F. weich (Dralit), C = 0,1%

1/1

1/1

1,5/1

G. weich, C = 0,25%

1/1

1/1

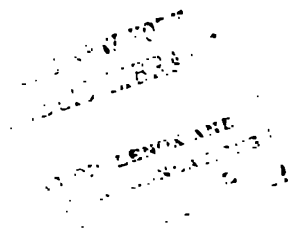
1,5/1

H. mittelhart, C = 0,4%

1/1

1/1

1/1



Flusseisen.

C =0,4%

d e f

ichen Zustande.

d in Wasser abgeschreckt.

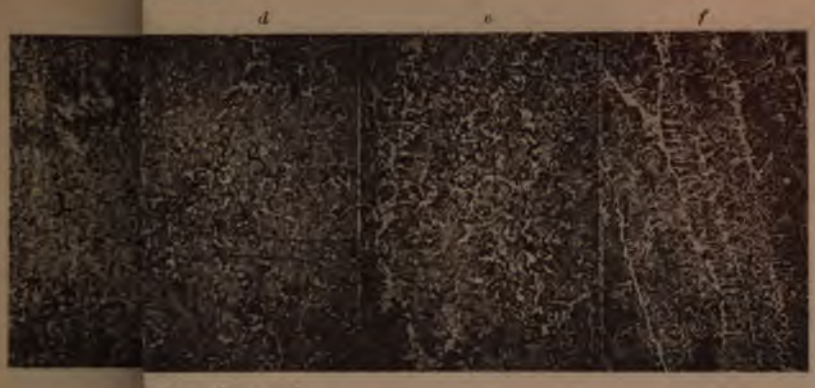
und langsam abgekühlt.

links her angelassen.

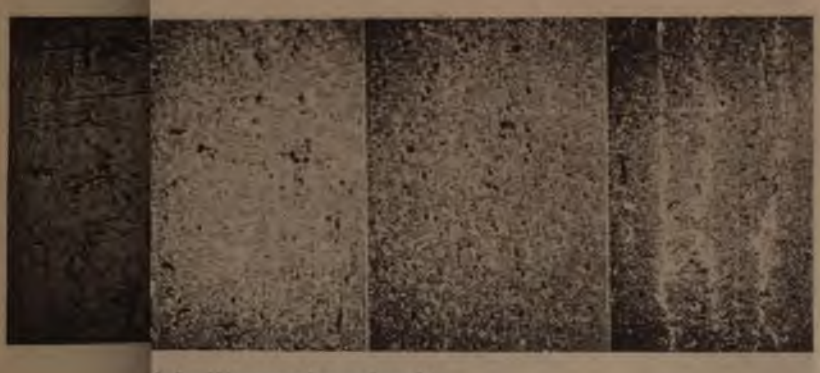
PUBLIC LIBRARY

Flusseisen.

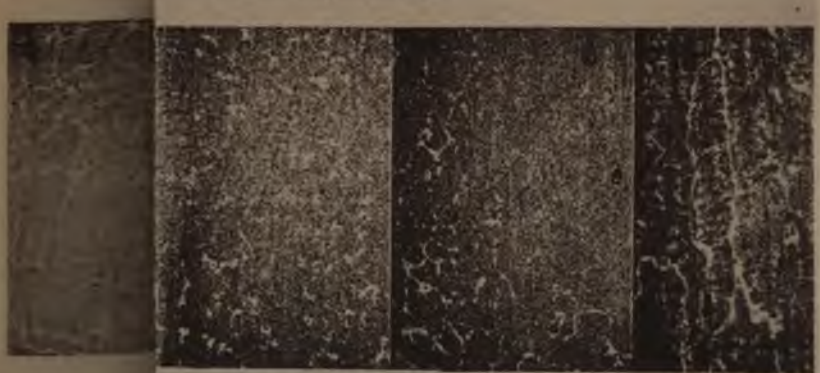
C =0,4%



ichen Zustande.

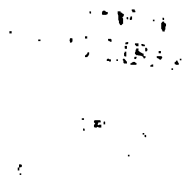


d in Wasser abgeschreckt.



und langsam abgekühlt.

links her angelassen.



Flusseisen.

, C = 0,08 %.

nglichen Zustande.

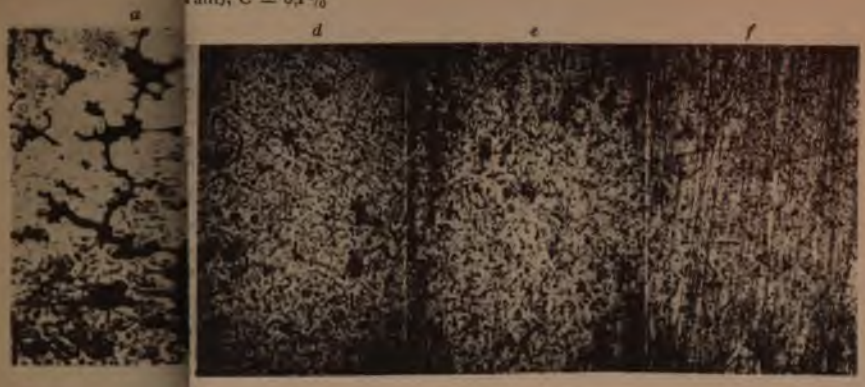
ınd in Wasser abgeschreckt.

t und langsam abgekühlt.

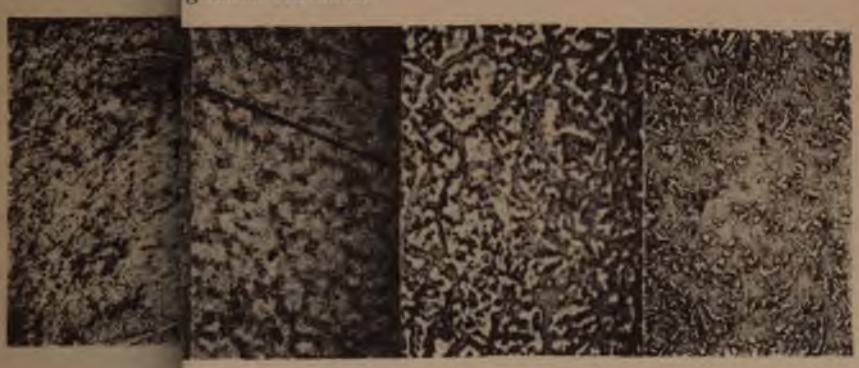
n links her angelassen.

Flusseisen.

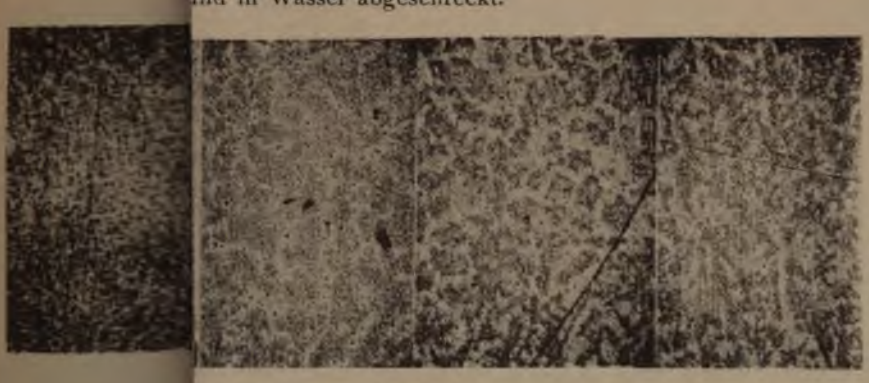
rahl), C = 0,1 %



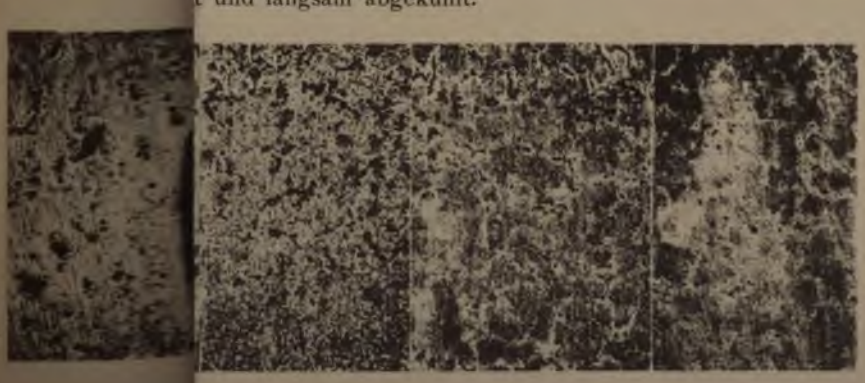
glichen Zustande.



nd in Wasser abgeschreckt.



t und langsam abgekühlt.



links her angelassen.

usseisen

C = 0,4%

a d e f

chen Zustande.

in Wasser abgeschreckt.

nd langsam abgekühlt.

nks her angelassen.

THE NEW YORK
PUBLIC LIBRARY

Martens, Das mikroskopische Gefüge von Flusseisen.

Nach Handzeichnungen des Verfassers.

Fig. e.

Fig. f.

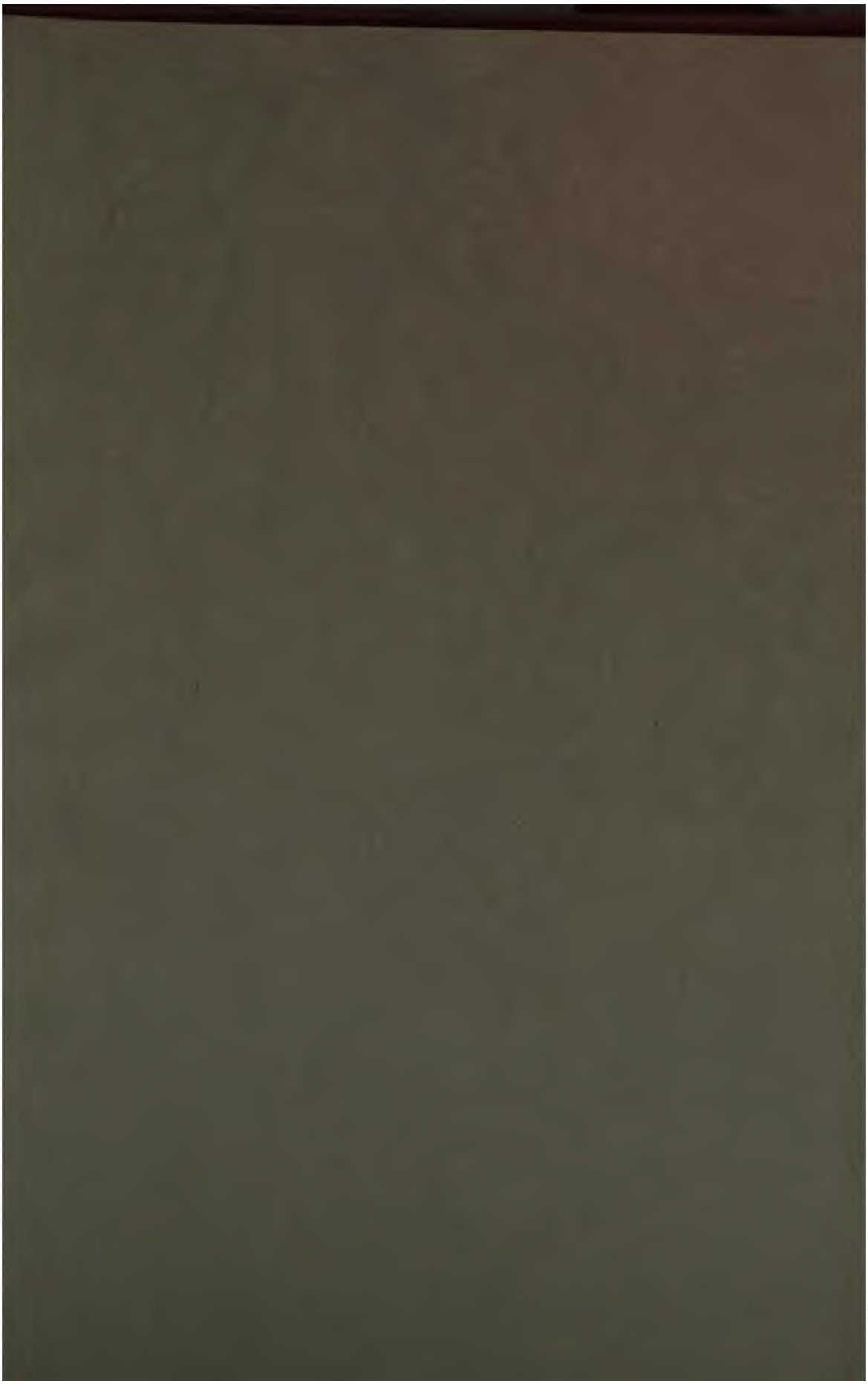
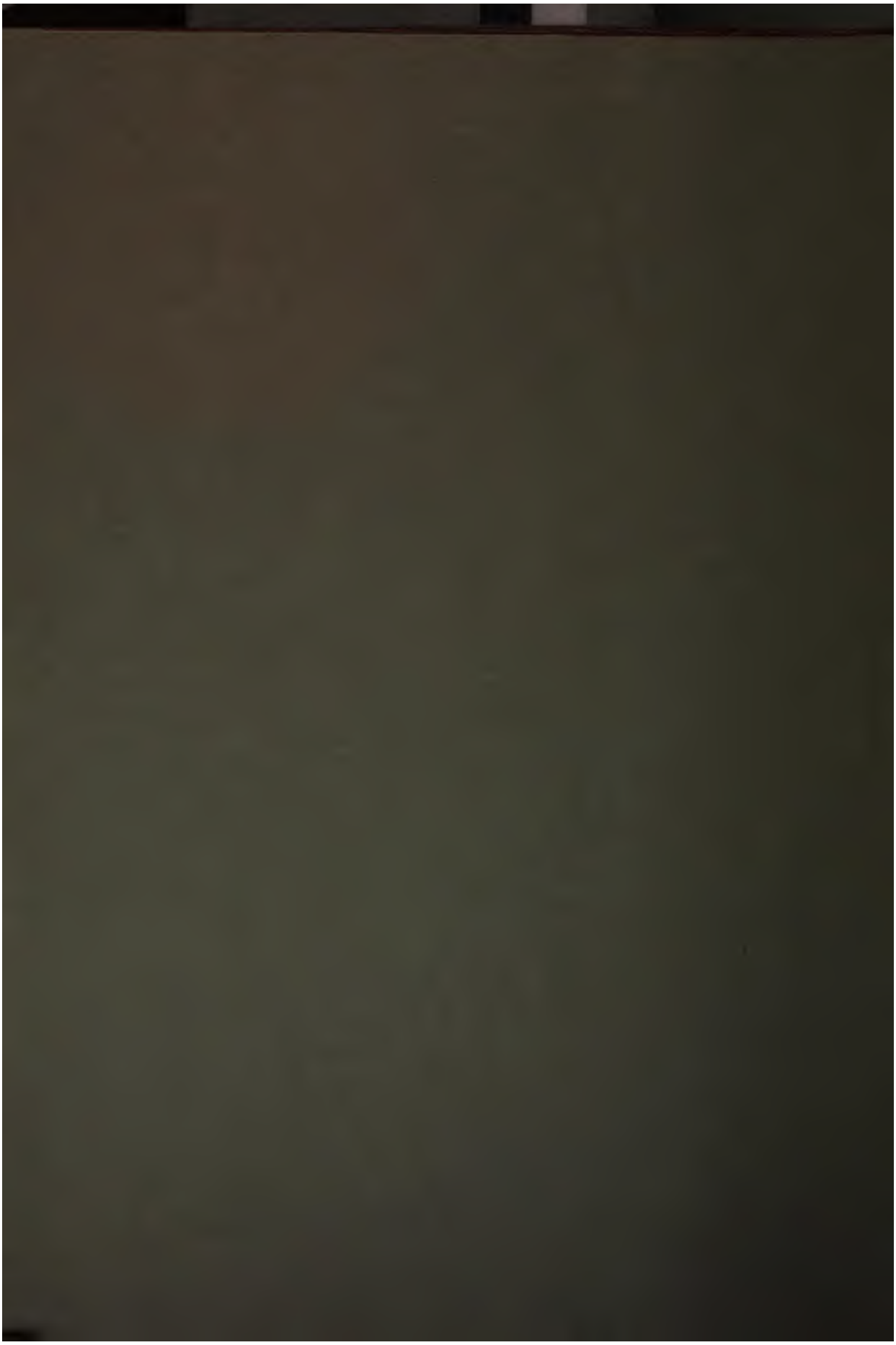
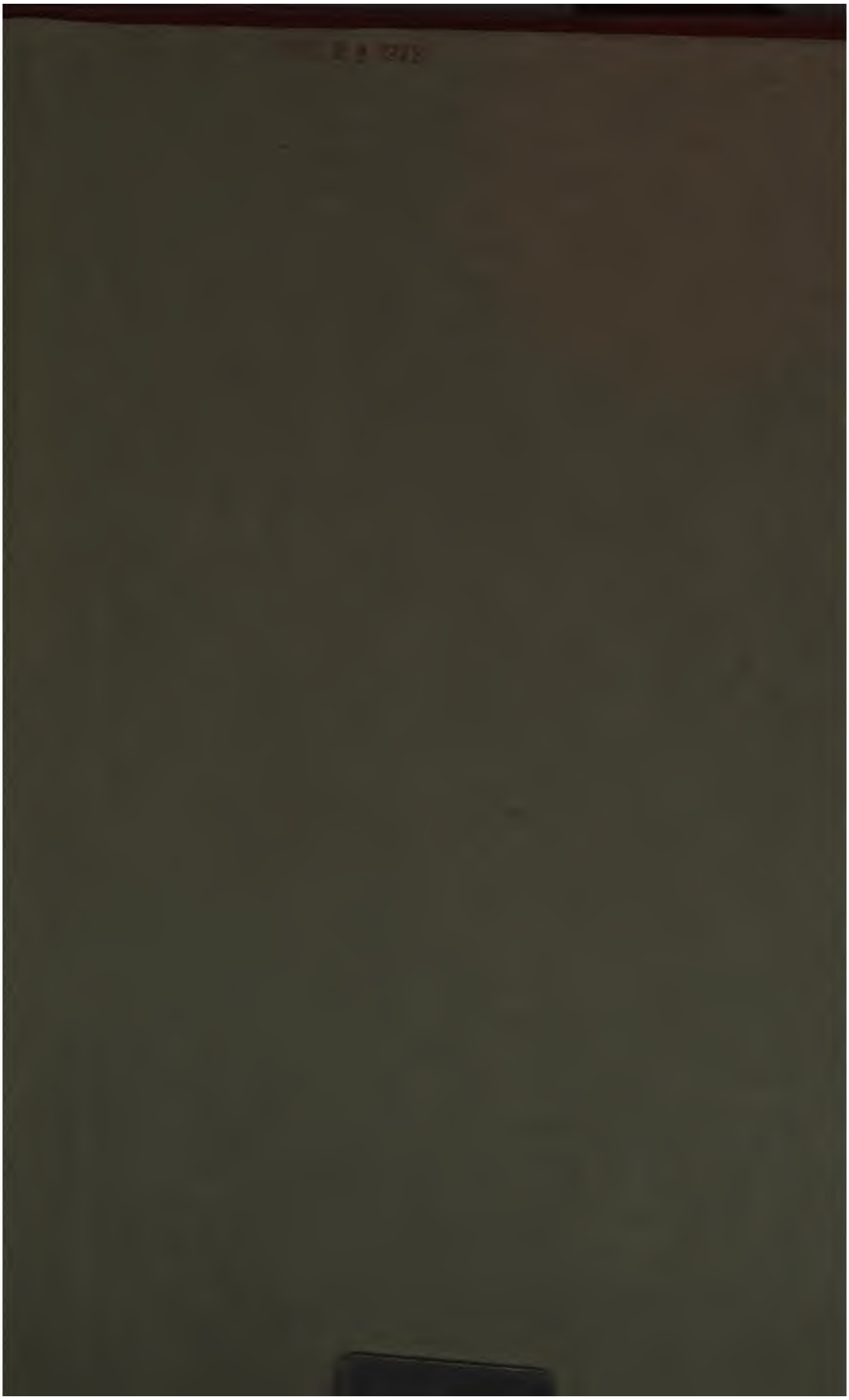
Fig. g.

Fig. i.

Fig. k.

Fig. l.

Verlag von Julius Springer in Berlin.

THE NEW YORK
PUBLIC LIBRARY
ASTOR, LENOX AND
TILDEN FOUNDATIONS
R

THE NEW YORK
PUBLIC LIBRARY
ASTOR, LENOX AND
TILDEN FOUNDATIONS
R